ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE HUMAINES

(101-SNU-RE)

CAHIER DE NOTES DE COURS

Production personnelle

Session Automne 2025

Hélène Chaput

Jean-Michel Cardin

Made with Goodnotes

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE HUMAINES

(101-SNU-RE)

CAHIER DE NOTES DE COURS

Production personnelle

Session Automne 2025

Hélène Chaput

Jean-Michel Cardin

Made with Goodnotes

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE HUMAINES

(101-SNU-RE)

CAHIER DE NOTES DE COURS

Production personnelle

Session Automne 2025

Hélène Chaput

Jean-Michel Cardin

Made with Goodnotes

Table des matières

Table des matières 2

1. Cellules, tissus, organes et systèmes 3

2. Le système nerveux et les sens 27

3. Le système endocrinien 65

4. Système digestif 82

5. Le système cardiovasculaire 103

6. Le système respiratoire 126

7. Le système excréteur (rénal et urinaire) 139

8. Le système lymphatique et immunitaire 150

BIBLIOGRAPHIE 173

Made with Goodnotes

Anatomie et physiologie humaines

1. Cellules, tissus, organes et systèmes

Introduction

Les cellules sont les unités structurelles, fonctionnelles et génétiques des vivants. Nous avons vu la structure de la cellule ainsi que ses fonctions tant au niveau génétique que physiologique lors du cours *Biologie cellulaire*. Nous allons maintenant nous pencher sur la **formation des tissus, des organes et des systèmes d'organes.**

Dans ce premier chapitre du cours, nous commençons par définir **l'anatomie et la physiologie** en établissant la distinction entre ces deux domaines.

Nous expliquons ensuite le lien fondamental entre **la structure et la fonction** afin de mieux saisir l'importance de l'organisation structurale et les processus de maintien de **l'homéostasie**.

Objectifs spécifiques

1) Définir l'anatomie et la physiologie.
2) Décrire brièvement les différents niveaux d'organisation structurale.
3) Nommez les principales catégories de molécules organiques des vivants.
4) Décrire brièvement les constituantes de la cellule humaine.
5) Donnez les principales caractéristiques des tissus épithéliaux.
6) Donnez les principales caractéristiques des tissus musculaires.
7) Donnez les principales caractéristiques des tissus conjonctifs.
8) Donnez les principales caractéristiques des tissus nerveux.
9) Décrire brièvement l'interdépendance des systèmes de l'organisme.
10) Donnez une description sommaire des systèmes de l'organisme humain.
11) Définir ce qu'est l'homéostasie.

Made with Goodnotes

Anatomie et physiologie

L'anatomie est l'étude de la structure des parties du corps et des relations qu'elles ont les unes avec les autres ; l'aspect concret de l'anatomie lui confère un certain attrait, étant donné qu'on peut voir les structures de l'organisme, les palper et les examiner de près, sans être obligé de les imaginer.

Principales spécialités de l'anatomie :

L'anatomie **macroscopique** est l'étude des structures visibles à l'œil nu. On y regroupe :

- **L'anatomie topographique (ou anatomie régionale) :**

Examen de toutes les structures d'une certaine région du corps. L'anatomie topographique est très complète mais les planches anatomiques de ce type sont souvent très chargées et peu visuelles.

- **L'anatomie des systèmes :**

Étude isolée de l'anatomie de chacun des systèmes de l'organisme.
Exemple : Système squelettique.

- **L'anatomie de surface :**

Étude des structures internes en relation avec la surface de la peau.

L'anatomie **microscopique** est l'étude des structures trop petites pour être vues à l'œil nu.
On y retrouve :

- **L'anatomie cellulaire (ou cytologie) :**

Étude des cellules et des organites qui s'y trouvent.

- **L'histologie :**

Étude des divers tissus. Chez l'humain on observe 4 grandes catégories de tissus : Épithéliaux, conjonctifs, musculaires et nerveux.

Made with Goodnotes

Made with Goodnotes

Éléments de formation des mots se rapportant à l'anatomie		
aéro-, *aeros,* air : métabolisme aérobie	**épi-,** *epi,* sur : épimysium, épithélium	**ost-, osté-, ostéo-,** *osteon,* os : ostéalgie, ostéocyte
artér-, *arteria,* artère : artériel	**héma-, hémato-, hémo-,** *haima,* sang : hématopoïèse, hémoglobine	**oto-,** *otikos,* oreille : otolithe
arthro-, *arthros,* articulation : arthroscopie	**hémi-,** *hemi,* à moitié : hémisphère	**péri-,** *peri,* autour : périnèvre, péricarde
bio-, *bios,* vie : biologie	**hist-,** *histos,* tissu : histologie	**phago-,** *phago,* manger : phagocyte
-blaste, *blastos,* germe : ostéoblaste	**hyper-,** *hyper,* au-dessus : hyperpolarisation, hypertension, hyperglycémie	**phot-, photo-,** *phos,* lumière : photon, photorécepteur
broncho-, *bronchus,* bronche : bronchique	**hypo-,** *hypo,* au-dessous : hypothyroïdie	**phys-,** *physis,* nature : physiologie
cardi-, cardio-, -cardie, *kardia,* cœur : cardiaque, cardiopulmonaire, tachycardie	**inter-,** *inter,* entre : intervertébral, intercostaux	**pré-,** *præ,* avant : sphincter précapillaire
cérébro-, *cerebrum,* cerveau : hémisphères cérébraux	**iso-,** *isos,* égal : isotonique	**pulmo-,** *pulmo,* poumon : pulmonaire
cervic-, *cervicis,* cou : vertèbre cervicale	**leuco-,** *leukos,* blanc : leucémie, leucocyte	**rétro-,** *retro,* en arrière : rétropéritonéal
chondr-, *chondros,* cartilage : chondrocyte	**lyse-,** *lysis,* dissolution, dégradation : hydrolyse	**sarco-,** *sarkos,* chair : sarcomère
crani-, *cranium,* crâne : craniosacral	**my-, myo-,** *mys,* muscle : myofilament	**sclér-, scléro-,** *skleros,* dur : sclère, sclérose
cyt-, cyto-, *kytos,* cellule : cytologie, cytokine, cytoplasme	**néphro-,** *nephros,* rein : néphron	**sub-,** *sub,* au-dessous : sublingual
derm-, *derma,* peau : dermatome	**neur-, neuri-, neuro-,** *neuron,* nerf : neural, neurolemme, neuromusculaire, neurotransmetteur	**super-,** *super,* au-dessus ou sur : superficiel
end-, endo-, *endon,* en dedans : endothermique, endomètre	**-logie,** *logos,* étude : physiologie, histologie	**vas-, vaso-,** *vas,* vaisseau : vasculaire, vasodilatation

Tiré de Biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.17

Référence seulement

L’anatomie du **développement** suit la transformation structurale de l’organisme qui s’opère au cours de la vie. L’**embryologie** est une des branches de l’anatomie du développement et traite du développement **prénatal.**

La physiologie porte sur le fonctionnement des parties du corps, c’est-à-dire sur la façon dont celles-ci jouent leur rôle et permettent le maintien de la vie. Il n’est possible d’expliquer la physiologie qu’à partir des structures anatomiques sous-jacentes.

En physiologie, on s’intéresse souvent à ce qui se passe au niveau cellulaire ou moléculaire parce que les capacités fonctionnelles du corps dépendent du fonctionnement cellulaire, qui est lui-même déterminé par les réactions chimiques à l’intérieur des cellules.

Pour bien comprendre la physiologie, il faut connaître aussi les principes de la physique parce que cette science permet d’expliquer, entre autres choses, les courants électriques, la pression dans les vaisseaux sanguins et le mouvement produit par l’action des muscles sur les os.

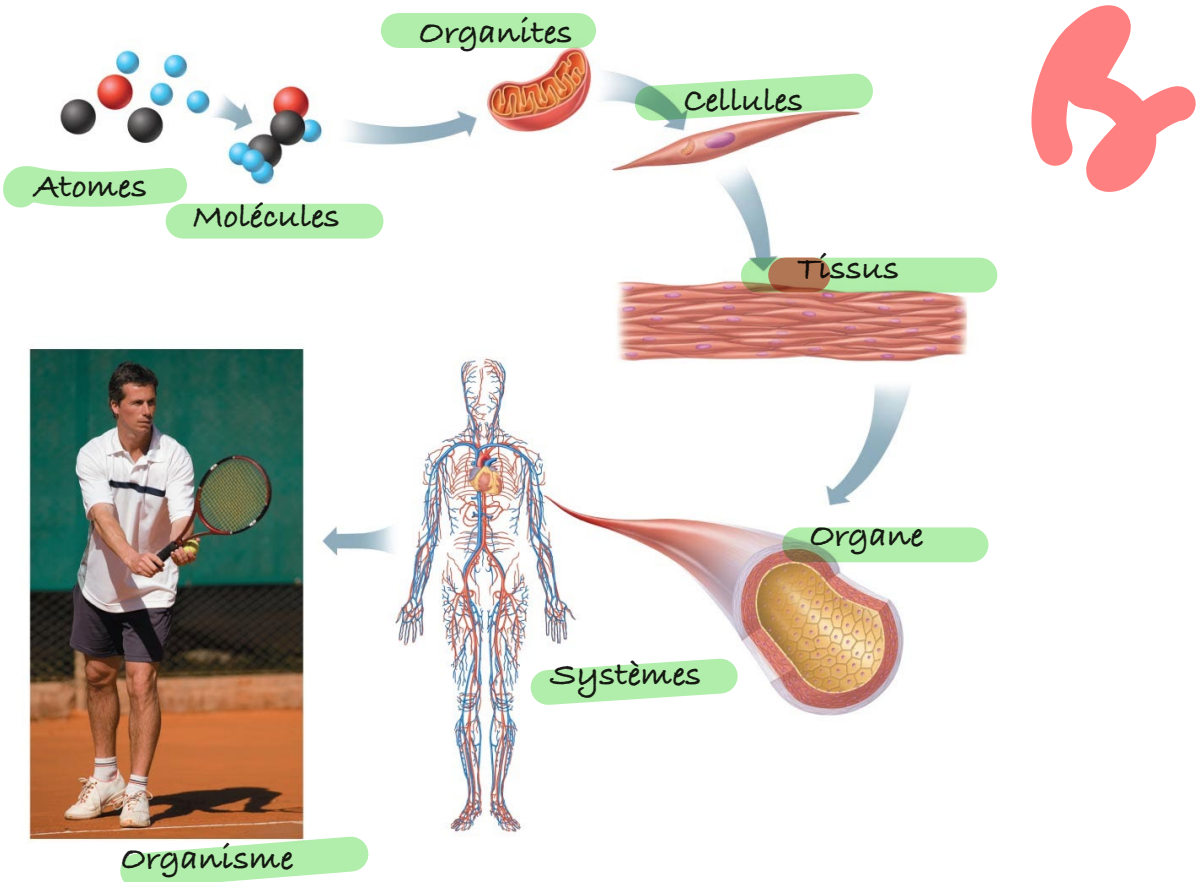
C’est pourquoi le contenu de ce cours fera appel à plusieurs notions vues au cours de vos sessions précédentes du DEC en Sciences de la nature !

Made with Goodnotes

Niveaux d'organisation structurale

Avant d'aborder les systèmes proprement dits ; nous allons revenir sur un certain nombre de notions vues au cours précédent. Nous allons ensuite introduire les nouvelles notions de tissus dans ce chapitre.

Le corps humain comporte plusieurs niveaux de complexité. C'est ce que l'on appelle les niveaux d'organisation structurale.

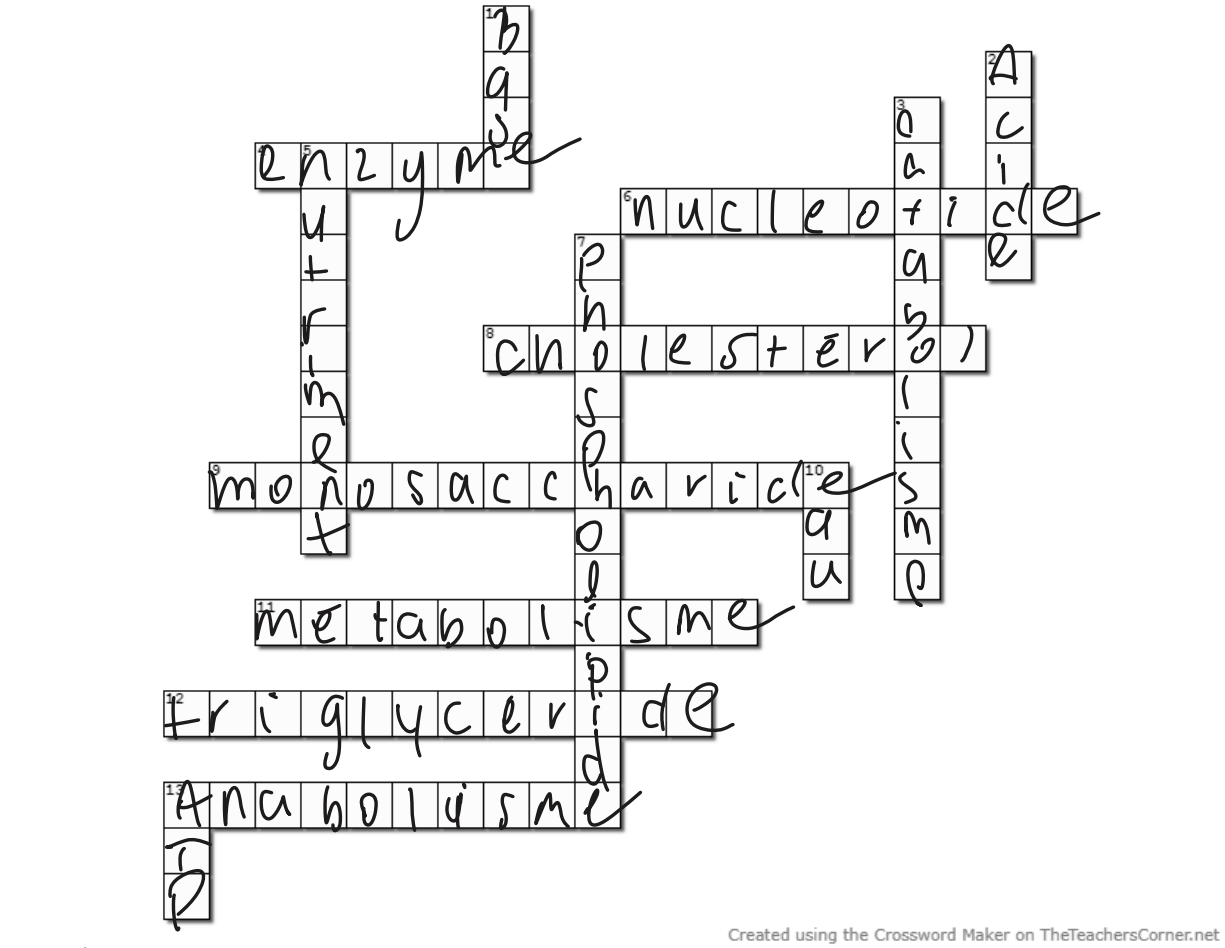


Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaine», Marieb, ERPI, 2015, p.6

Au **niveau chimique** on observe les atomes qui se combinent pour former des molécules comme l'eau (le solvant de tous les liquides physiologiques), les glucides (la source d'énergie par excellence), les lipides (constituants des membranes cellulaires et des graisses), les protéines (aux structures et fonctions si variées), les acides nucléiques (responsables de la conservation et l'expression des informations génétiques) et bien d'autres.

Made with Goodnotes

Révision de la biochimie :



Horizontal

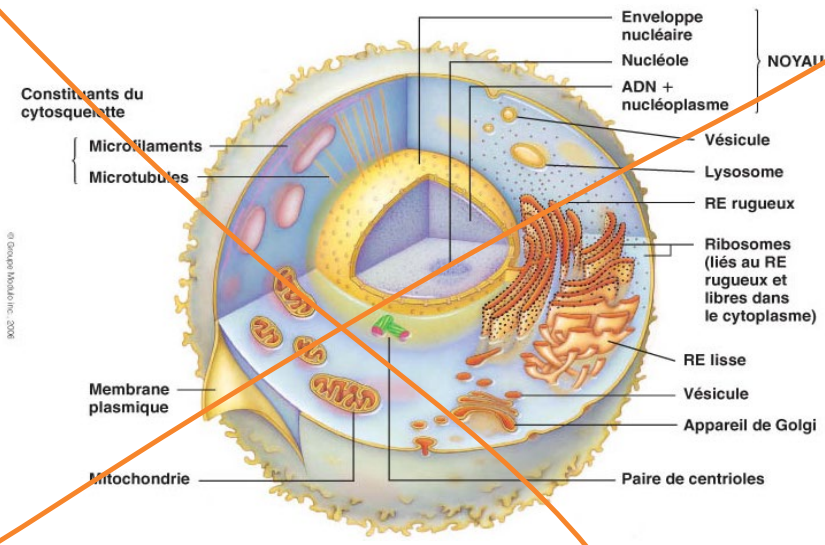
4. protéine qui accélère les réactions chimiques
6. monomère des acides nucléiques
8. lipide présent chez les animaux
9. monomère des glucides
11. ensemble des réactions biochimiques du corps humain
12. lipide constitué d'un glycérol et de tois acides gras
13. ensemble des réactions biochimiques de synthèse du corps humain

Vertical

1. substance donnant un pH supérieur à 7 quand elle est dissoute dans l'eau
2. substance donnant un pH inférieur à 7 quand elle est dissoute dans l'eau
3. ensemble des réactions biochimiques de dégradation du corps humain
5. substance organique ou inorganique qui provient de la nourriture
7. lipide le plus abondant des membranes cellulaire
10. solvant des liquides physiologiques
13. Abréviation de la molécule qui fournit l'énergie aux travaux cellulaires

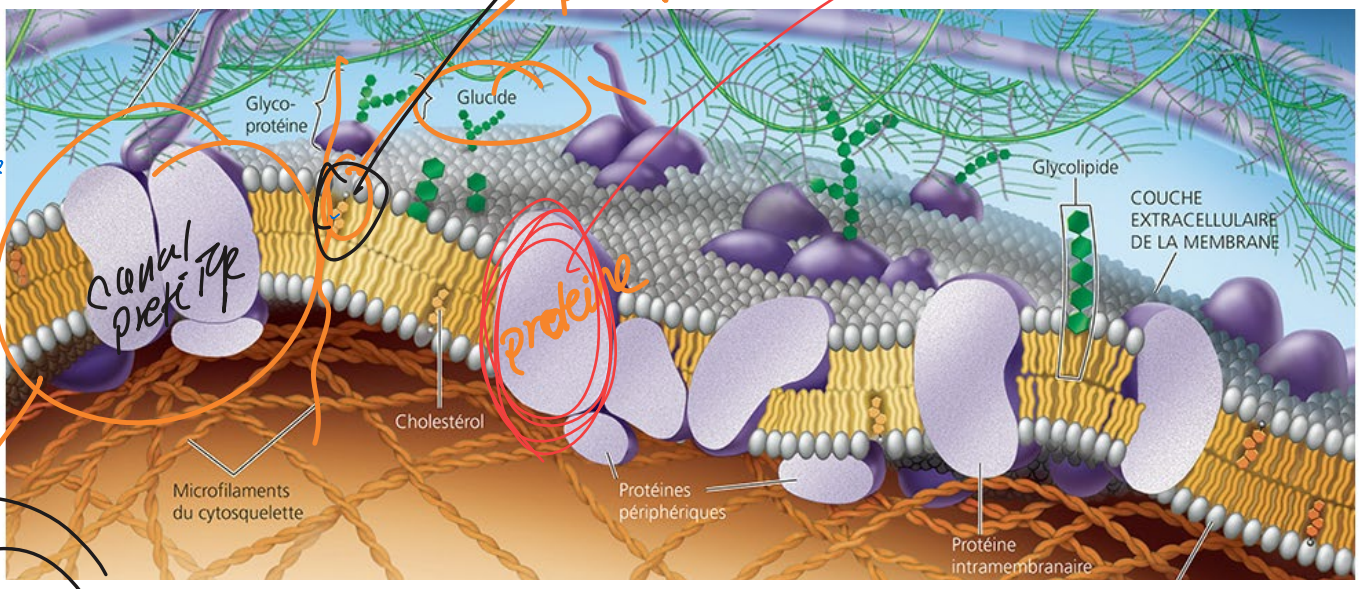
Made with Goodnotes

Au **niveau cellulaire** on retrouve les organites et les cellules qui sont les plus petites unités des organismes vivants.



Tirée de «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.61

Le modèle de la mosaïque fluide illustre la structure détaillée de la membrane plasmique d'une cellule animale.



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2012, p.141

Toutes ces composantes de la membrane cellulaire s'associent pour permettre d'accomplir efficacement divers mécanismes membranaires comme le transport membranaire.

Made with Goodnotes

Les modes de transport membranaire

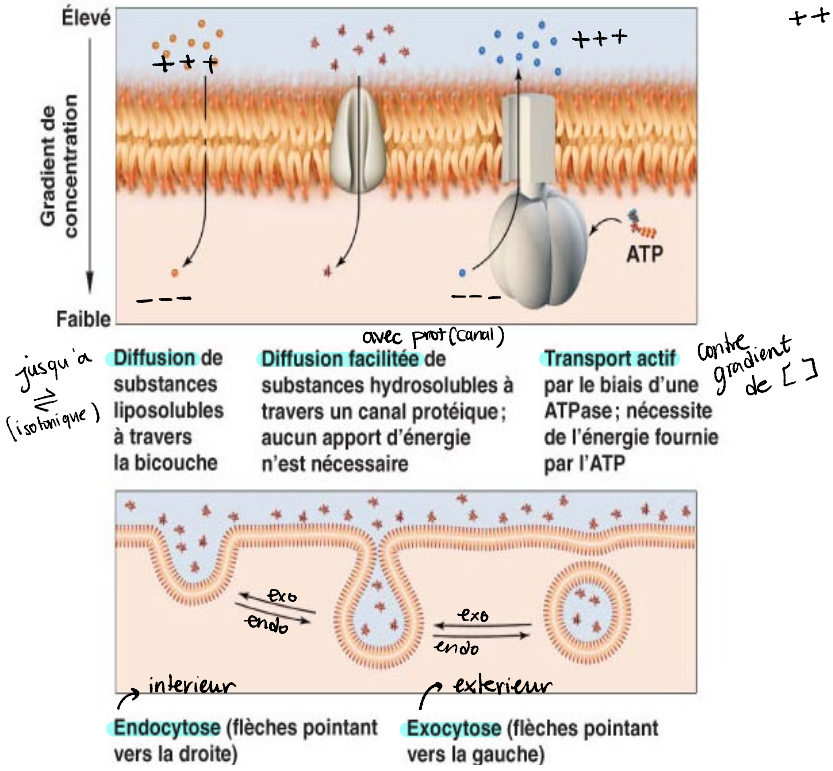


Image tirée «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.88

L'osmose est la diffusion de l'eau. L'eau diffuse toujours d'un milieu hypotonique vers un milieu hypertonique, jusqu'à ce que les deux milieux soient isotoniques. L'osmose peut s'effectuer à travers la membrane cellulaire, en diffusion simple ou facilitée à l'aide des protéines aquaporines.

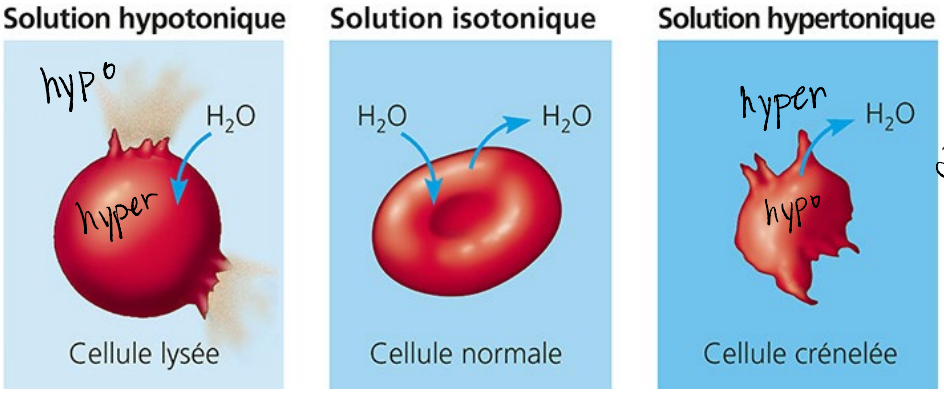


Image tirée de Biologie, Campbell, 2012, p. 149

Made with Goodnotes

L'osmose → diffusion de l'eau d'un milieu hypotonique vers un milieu hypertonique

hypo → moins de soluté → eau
hyper → iso

→ Solution hypotonique :- ↓ concentré de soluté
- l'eau entre dans la cellule
- cellule gonfle peut éclaté

hypo → hyper

→ Solution isotonique : mm concentration → équilibre

→ Solution hypertonique → ↑ concentré en soluté

hypo : en dessous
moins de soluté
l'eau entré

l'eau sort de la cellule

moins de soluté → hypo
eau entre

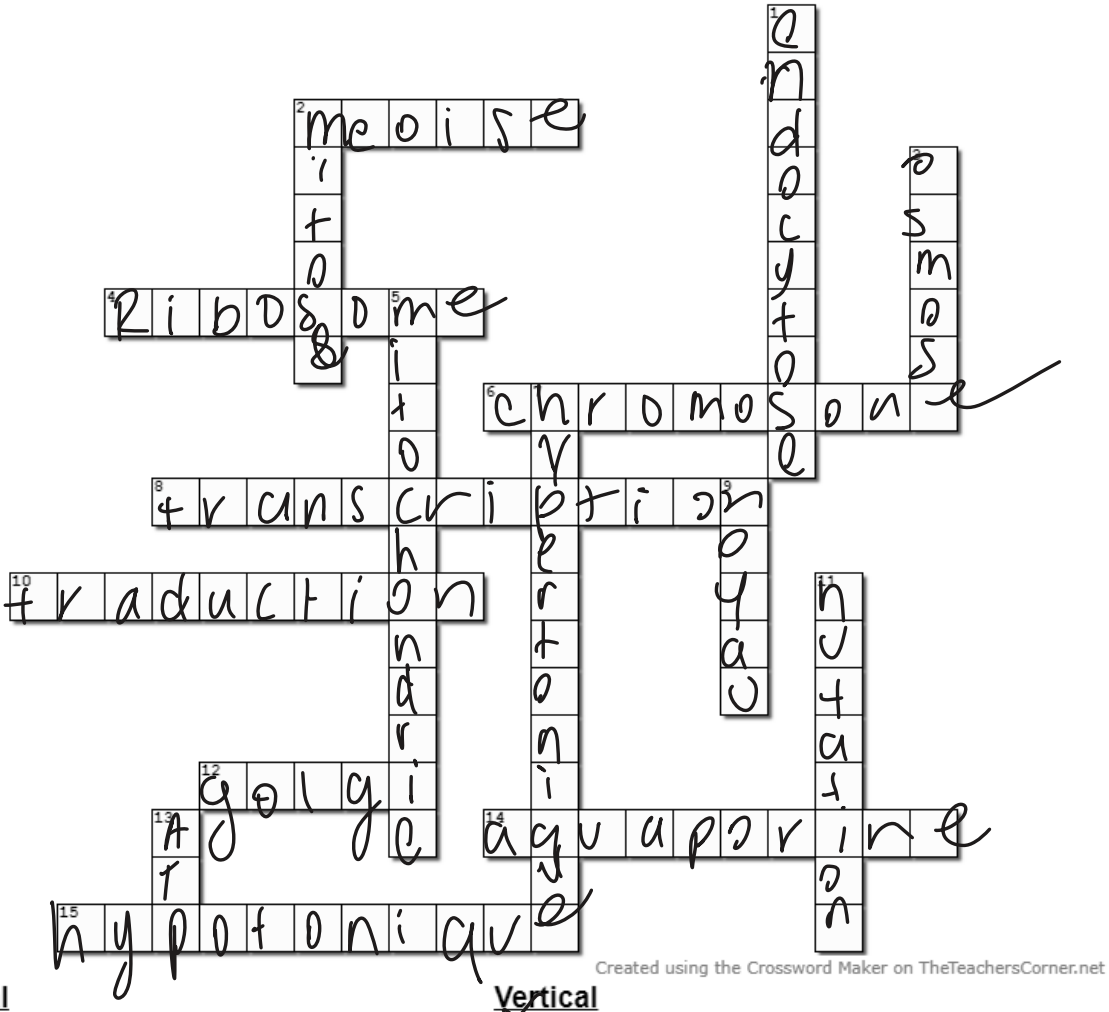
Hyper : au dessus → plus de soluté → l'eau sort

ISO = Égal → équilibre

osmose : diffusion simple à l'aide protéine → ∅ ATP
↙ suit le gradient passif
aquaporine

Made with Goodnotes

Révision de la cellule :



Horizontal

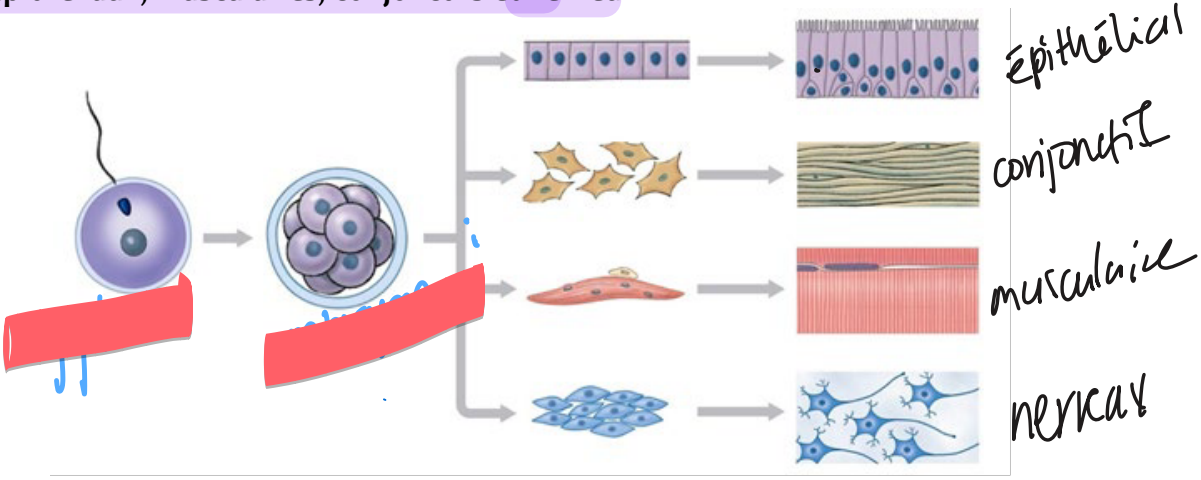
2. division cellulaire qui permet la production de gamètes
4. amas de protéines et d'ARNr responsable de la traduction
6. forme condensée de l'ADN visible au microscope lors de la division cellulaire
8. passage de l'ADN à l'ARN
10. passage de l'ARN au polypeptide
12. organite qui donne la structure tridimentionnelle à la protéine
14. protéine membranaire qui facilite l'osmose
15. se dit de la solution plus riche en eau

Vertical

1. transport en vrac de substances du milieu extracellulaire vers le milieu intracellulaire
2. division cellulaire d'une cellule diploïde qui reste diploïde
3. diffusion de l'eau
5. organite reponsable de la production d'ATP
7. se dit d'une solution plus concentrée
9. organite qui contient l'ADN
11. modification permanente de la séquence d'un gène
13. molécule qui fournit l'énergie lors du transport actif

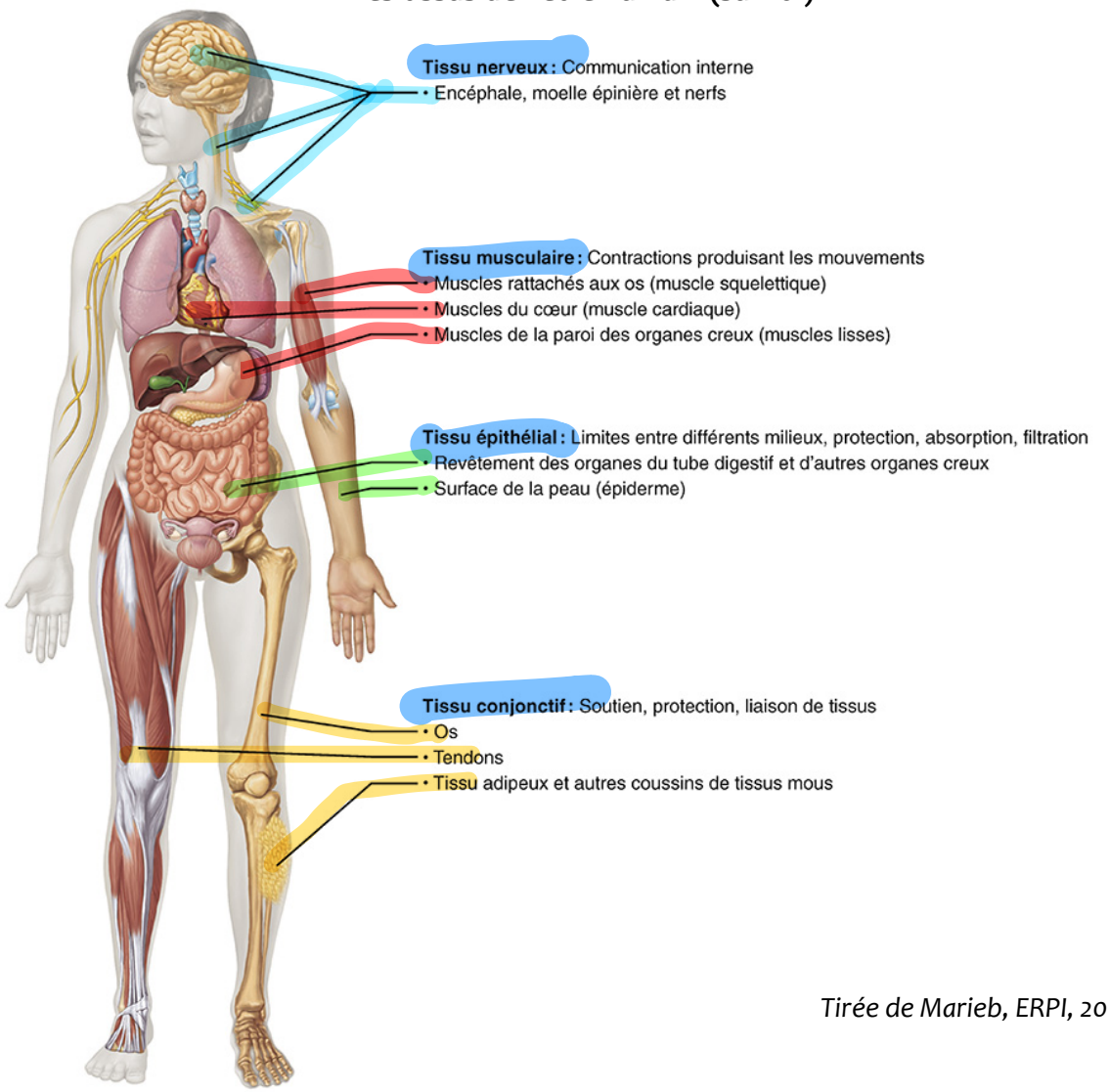
Made with Goodnotes

Au niveau **tissulaire** on retrouve **les tissus** qui sont des groupes de cellules semblables qui remplissent une même fonction. Il existe quatre grands types de tissus chez les humains : les tissus **épithéliaux, musculaires, conjonctifs** et **nerveux.**



Tiré de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.67

Les tissus de l'être humain (survol)



Tirée de Marieb, ERPI, 2014 p.132

Made with Goodnotes

Nous allons maintenant aborder les principales caractéristiques de chaque grand type de tissus.

1. Les tissus épithéliaux

Ce sont des feuillets de cellules qui recouvrent une surface d'un organe ou qui en tapissent une cavité. Le tissu épithélial varie de **simple** (une seule couche de cellules) à **stratifié** (plusieurs couches de cellules). Les formes des cellules sont variables. Il existe deux formes d'épithélium :

a) **L'épithélium de revêtement :** dans cet épithélium on observe la présence d'une membrane basale et les cellules sont placées très près les unes des autres ; elles sont reliées par des jonctions. Chez l'humain l'épithélium de revêtement forme la couche externe de la peau (**épiderme** de la peau). Un tissu épithélial se retrouve également dans la couche superficielle des **muqueuses** qui tapissent les cavités ouvertes de plusieurs systèmes (par exemple les systèmes respiratoire et digestif).

b) **L'épithélium glandulaire** : cet épithélium forme les glandes de l'organisme. On retrouve des glandes **endocrines** (dont la sécrétion reste à l'intérieur de l'organisme) et des glandes **exocrines** (dont la sécrétion s'écoule à l'extérieur de l'organisme).

Hypophyse
Thyroïde
surrénale
ovaire
Testicule
Pancréas

Exemples de glandes endocrines	Exemples de glandes exocrines
Thyroïde	

Salivaire
Sudoripare
Lacrymale
Sébacé
Pancréas

Made with Goodnotes

2. Les tissus musculaires

Les tissus musculaires sont composés de cellules capables de se contracter. Ils sont responsables des mouvements des membres ou des organes internes. Il existe trois types de tissus musculaires :

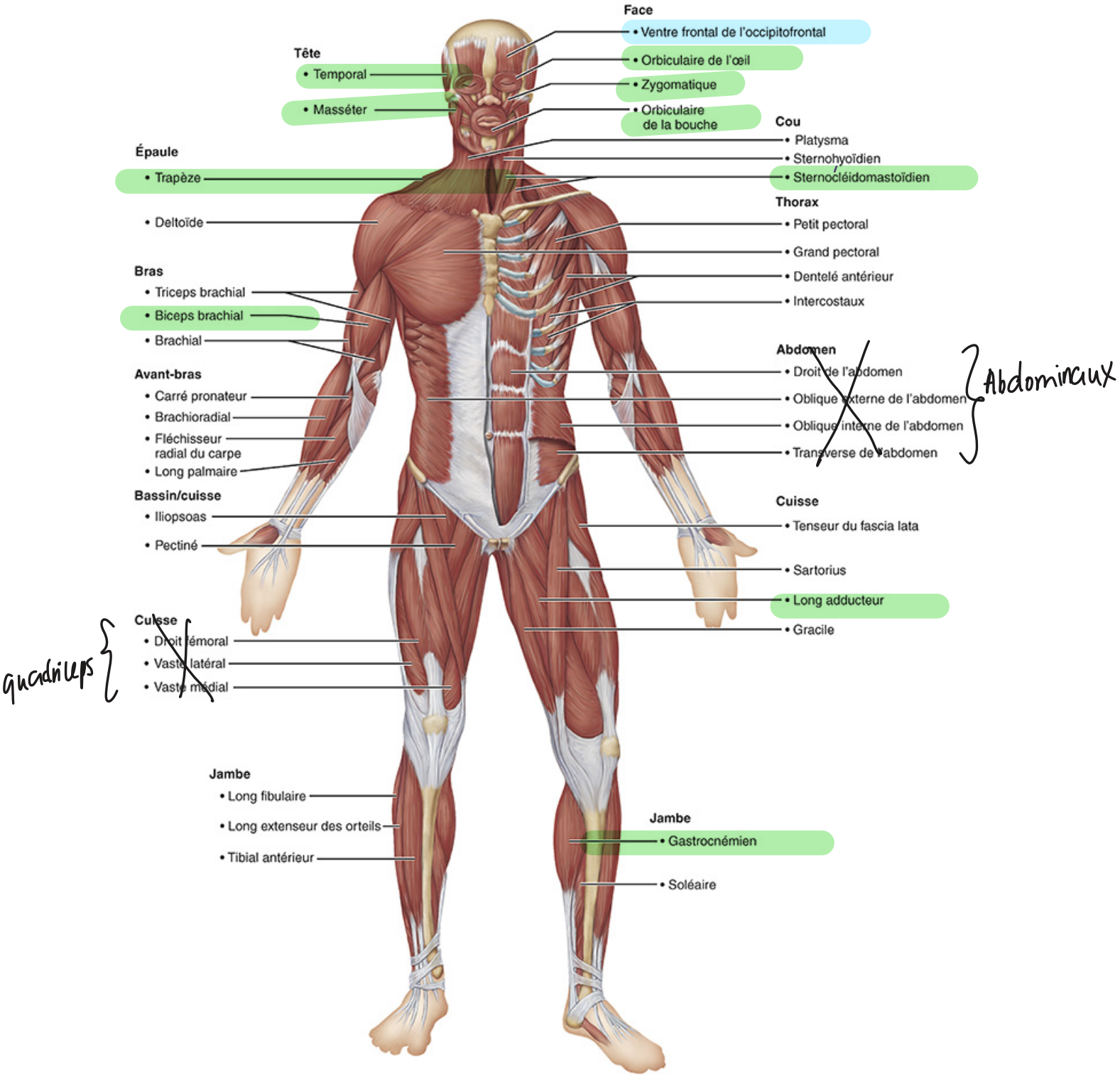
a) **Le tissu musculaire squelettique** : C'est le principal tissu des muscles attachés aux os du squelette. Les fibres musculaires qui le composent sont longues, plurinucléées et striées. Il est responsable des mouvements dits « volontaires » ou somatiques.

b) **Le tissu musculaire lisse** : C'est le principal tissu musculaire des parois du tube digestif, des vaisseaux sanguins, des voies respiratoires… Ses cellules fusiformes, courtes, non-striées et mononucléées ne présentent pas d'arrangement régulier. Il est responsable des mouvements dits « involontaires » ou autonomes.

c) **Le tissu musculaire cardiaque** : C'est le tissu de la paroi du cœur. Les cellules musculaires cardiaques sont striées, mononucléées et elles se ramifient et s'imbriquent les unes dans les autres. Les contractions rythmiques sont dites « involontaires ».

Made with Goodnotes

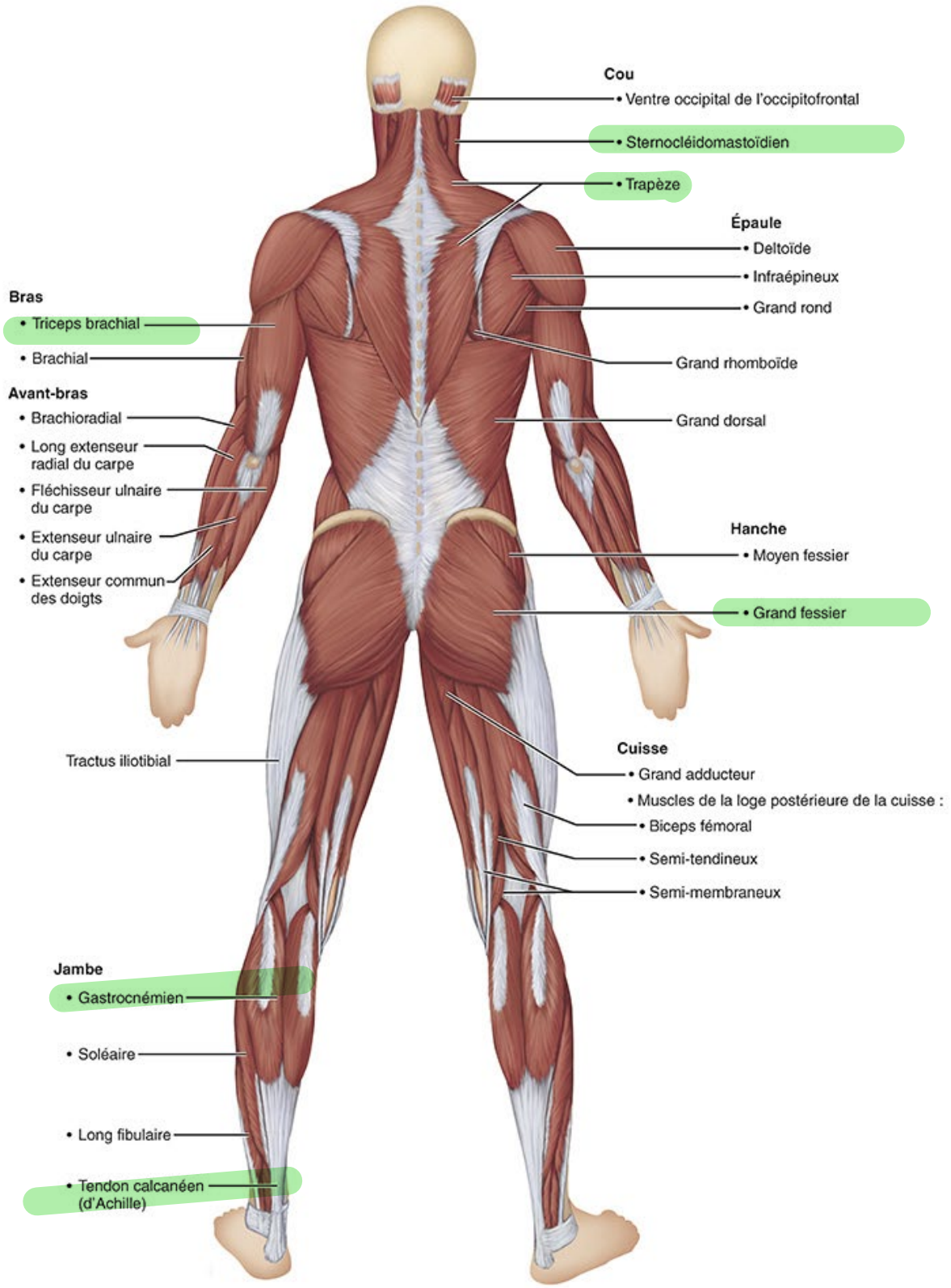
Principaux muscles squelettiques de l'humain – De face



Tirée d'Anatomie et Physiologie humaines, Marieb, 2005, p.341

Made with Goodnotes

Principaux muscles squelettiques de l'humain – De dos



Tirée d'Anatomie et Physiologie humaines, Marieb, 2005, p.343

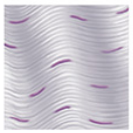
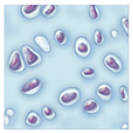
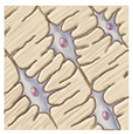
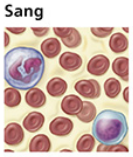
Made with Goodnotes

3. Les tissus conjonctifs

Le tissu conjonctif prend de nombreuses formes et assument diverses fonctions (fixation, protection, isolation, transport…). On en retrouve un peu partout dans le corps d'un être humain ; c'est le tissu le plus abondant et celui qui comporte le plus de matrice extracellulaire. Les tissus conjonctifs et leurs dérivés sont :

Le **tissu conjonctif proprement dit** : c'est le plus commun des tissus conjonctifs. Il permet le soutien, la résistance et l'élasticité.

Les **dérivés du tissu conjonctif** : on y retrouve le tissu cartilagineux, le tissu osseux et le tissu sanguin (formé des cellules sanguines et du plasma).

CLASSE DE TISSU ET EXEMPLE	SOUS-CLASSES	ÉLÉMENTS — CELLULES	ÉLÉMENTS — MATRICE	CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES
Tissu conjonctif proprement dit  *Tissu conjonctif dense régulier*	1. Tissu conjonctif lâche ▪ Aréolaire ▪ Adipeux ▪ Réticulaire 2. Tissu conjonctif dense ▪ Dense régulier ▪ Dense irrégulier ▪ Élastique	Fibroblastes Fibrocytes Cellules de défense Cellules adipeuses	Substance fondamentale gélatineuse Trois types de fibres: collagènes, réticulaires, élastiques	Six types différents; densité et types de fibres différents Fonction de tissu de liaison Résistance au stress mécanique, en particulier à la tension
Cartilage  *Cartilage hyalin*	1. Cartilage hyalin 2. Cartilage fibreux 3. Cartilage élastique	Chondroblastes situés dans le cartilage en croissance Chondrocytes	Substance fondamentale gélatineuse Fibres: collagènes, élastiques dans certains cas	Résistance à la compression en raison de la grande quantité d'eau contenue dans la matrice Fonction de coussin et de soutien des structures corporelles
Tissu osseux  *Os compact*	1. Os compact 2. Os spongieux	Ostéoblastes Ostéocytes	Substance fondamentale gélatineuse calcifiée par des sels inorganiques Fibres: collagènes	Tissu dur qui résiste à la compression et à la tension Fonction de soutien
Sang 	Les mécanismes de formation et de différenciation des cellules sanguines sont très complexes. Nous les exposons en détail au chapitre 17.	Globules rouges Globules blancs Plaquettes	Plasma Fibres insolubles visibles seulement lors de la coagulation	Tissu liquide Fonction de transport de l'oxygène, du gaz carbonique, des nutriments, des déchets et d'autres substances (des hormones, par exemple)

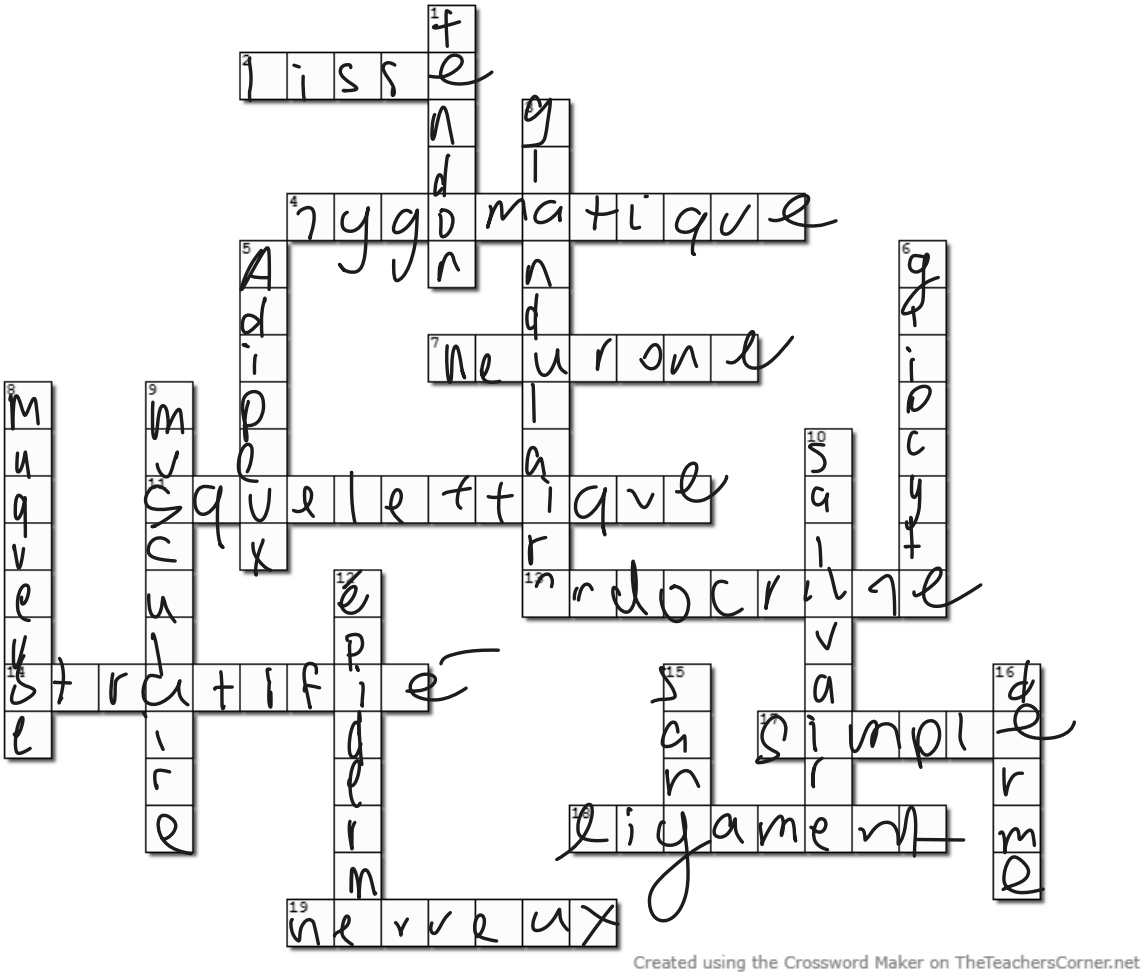
Tiré de Marieb, ERPI, 2014, p.144

Made with Goodnotes

4- Le tissu nerveux

Le tissu nerveux est le principal tissu du système nerveux. Il se compose de **neurones** et de **cellules gliales** (ou gliocytes). Les neurones sont responsables de la production et la transmission de l'influx nerveux alors que les gliocytes sont des cellules qui soutiennent, isolent et protègent les neurones.

Révision sur les tissus :



Created using the Crossword Maker on TheTeachersCorner.net

Horizontal

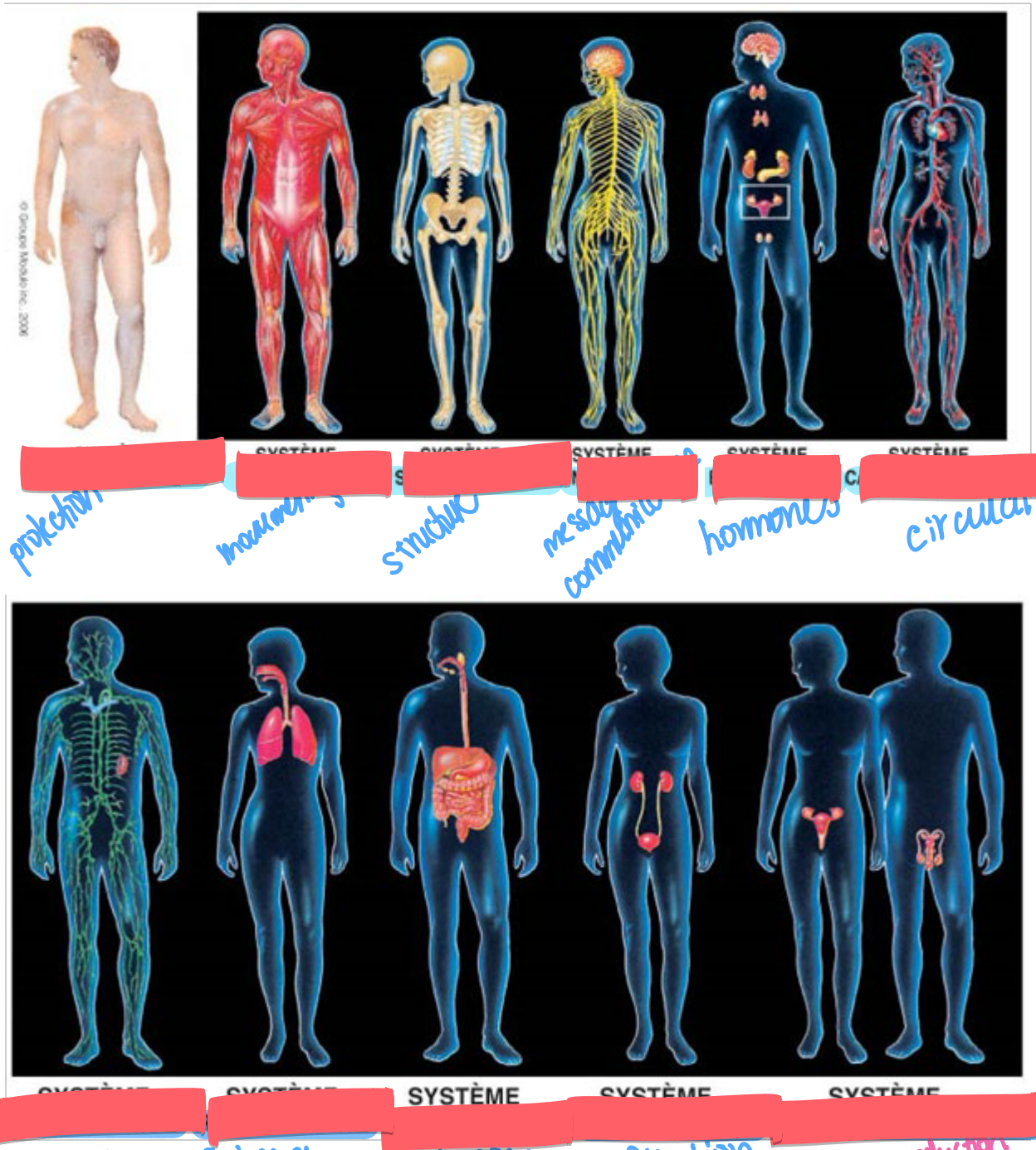
2. type de tissu musculaire qui compose l'iris de l'oeil
4. muscle squelettique qui permet de sourire
7. cellule du tissu nerveux qui reçoit et produit les messages
11. type de tissu musculaire à contraction volontaire
13. glande dont la sécrétion reste dans le corps
14. se dit d'un épithélium formé par plusieurs couches de cellules
17. se dit d'un épithélium formé par une couche de cellules
18. tissu conjonctif qui relie un os à un os
19. type de tissu qui produit des potentiels d'action

Vertical

1. tissu conjonctif qui relie un os à un muscle
2. se dit du tissu épithélial capable de sécrétion
3. tissu conjonctif qui stocke les graisses
4. cellule de protection du tissu nerveux
8. tissu épithélial qui tapisse les voies respiratoires et digestives
9. type de tissu qui permet les mouvements
10. glande exocrine dont la sécrétion se retrouve dans la bouche
12. tissu épithélial de la peau
15. tissu conjonctif liquide
16. tissu conjonctif de la peau

Made with Goodnotes

Tous les systèmes participent à la survie de l'organisme. Chez l'humain on retrouve onze principaux systèmes qui sont illustrés à la figure suivante :



Tirées de «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.574

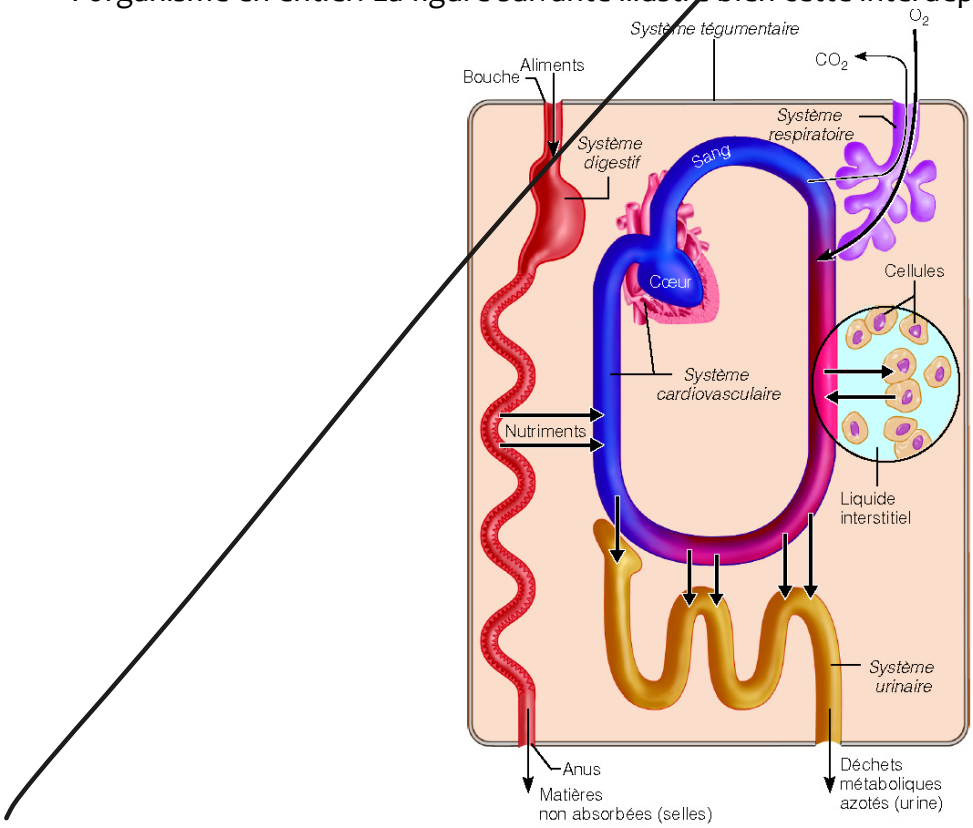
Made with Goodnotes

Tableau 40.1 Les principales composantes et les principales fonctions des systèmes chez les Mammifères

Systèmes	Principales composantes	Principales fonctions
Digestif	Bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestins, foie, pancréas et anus	Transformation des aliments (ingestion, digestion, absorption et élimination)
Cardiovasculaire	Cœur, vaisseaux sanguins et sang	Collecte, transport et distribution interne de substances
Respiratoire	Poumons, trachée et autres conduits respiratoires	Échanges gazeux (absorption de dioxygène et rejet de dioxyde de carbone)
Immunitaire et lymphatique	Moelle osseuse, nœuds lymphatiques, thymus, rate, vaisseaux lymphatiques et globules blancs	Défense de l'organisme (lutte contre les infections et le cancer)
Urinaire	Reins, uretères, vessie et urètre	Excrétion de déchets métaboliques; régulation de l'équilibre osmotique du sang
Endocrinien	Hypothalamus, hypophyse, thyroïde, pancréas et autres glandes productrices d'hormones	Régulation des activités corporelles (par exemple digestion et métabolisme)
Reproducteur	Ovaires, testicules et autres organes connexes	Conception d'une descendance et transmission des caractères héréditaires
Nerveux	Encéphale, moelle épinière, nerfs et organes sensoriels	Régulation des activités corporelles; perception des stimulus, intégration et réponse aux stimulus
Tégumentaire	Peau et annexes cutanées (notamment poils, ongles, griffes et glandes)	Protection contre les blessures, les infections et la déshydratation; thermorégulation
Osseux	Squelette (os, tendons, ligaments et cartilages)	Soutien corporel, protection des organes internes, mouvement
Musculaire	Muscles squelettiques	Mouvement, déplacement et posture

Tableau tiré de Biologie, Campbell, 2012, p.992

Les tissus, les organes et les systèmes travaillent ensemble pour le bon fonctionnement de l'organisme en entier. La figure suivante illustre bien cette interdépendance des systèmes :



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaine», Marieb, ERPI, 2005, p.5

Made with Goodnotes

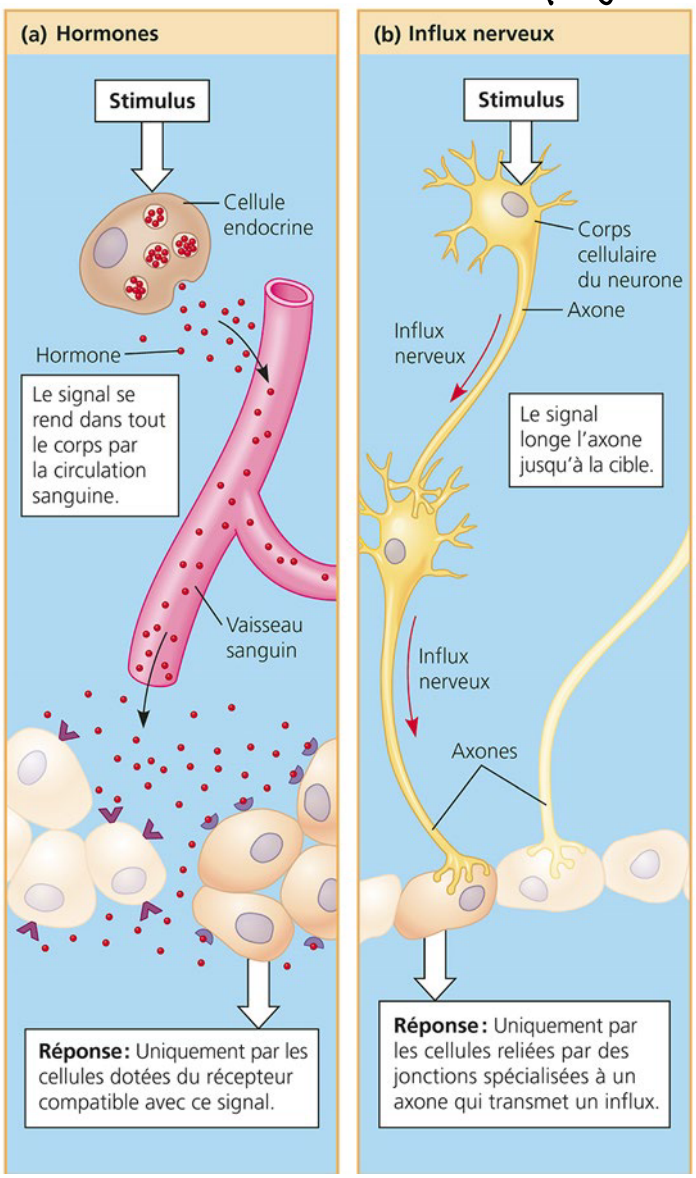
Le dernier niveau d'organisation structurale, **l'organisme**, est formé par l'ensemble de ses systèmes d'organes. La communication entre les différentes parties de l'organisme permet de bien maintenir **l'homéostasie**.

L'homéostasie peut être définie comme la capacité à maintenir une stabilité relative du milieu interne malgré les variations constantes de l'environnement. En général, on considère que l'homéostasie se maintient quand l'organisme parvient à satisfaire ses besoins et qu'il fonctionne bien. La figure suivante illustre bien les éléments d'un mécanisme de régulation essentiel au maintien de l'homéostasie.

Deux systèmes permettent de « contrôler » les réponses aux diverses stimulations : le système endocrinien et le système nerveux.

système nerveux plus rapide que système endocrinien

centre de régulation
récepteur
effecteur
crée déséquilibre
homéostasie rétablit l'équilibre

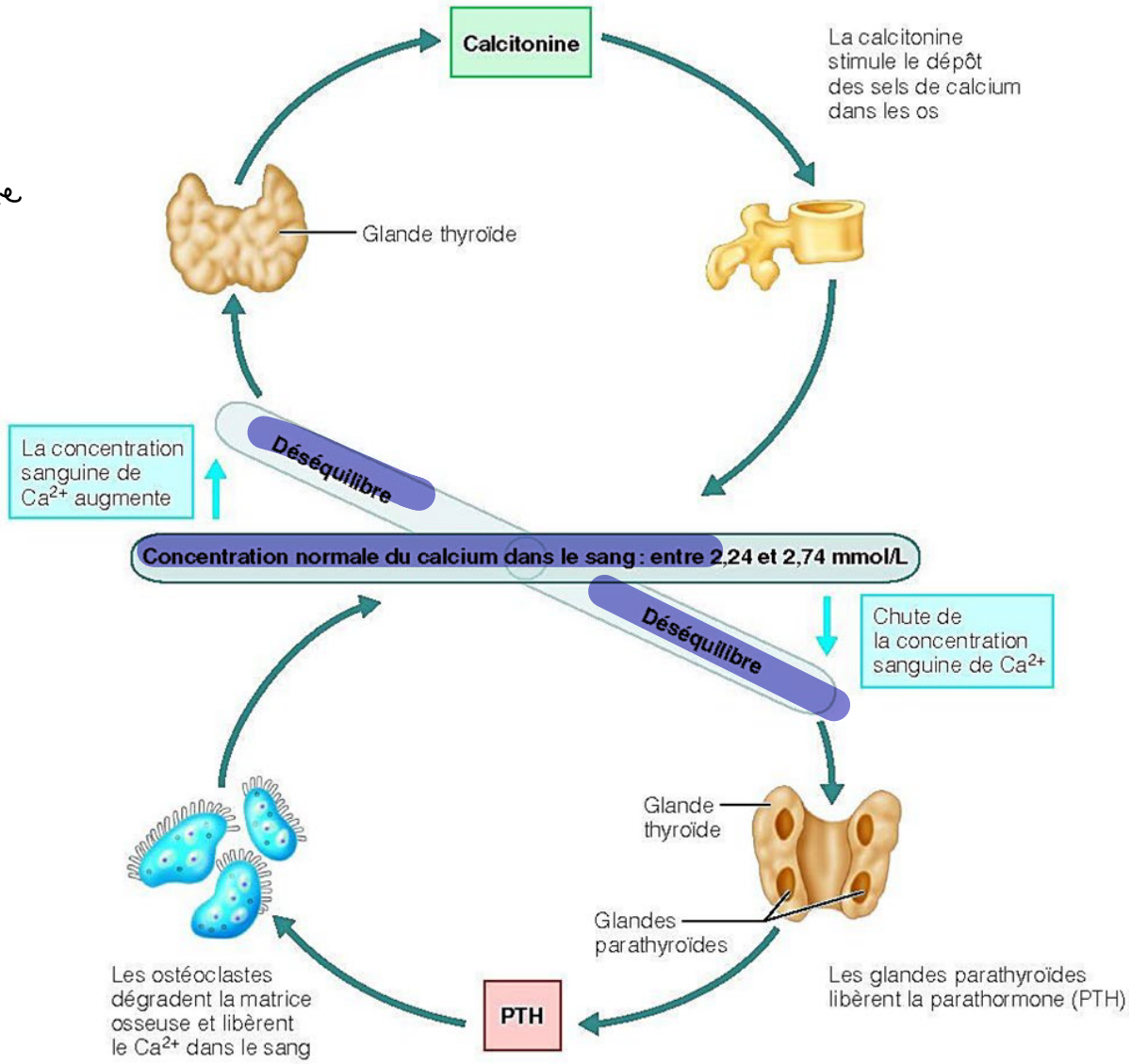


Tirée de Biologie, Campbell, 2012, p.997

Made with Goodnotes

Exemple de régulation endocrinienne : La régulation du taux de calcium dans le sang

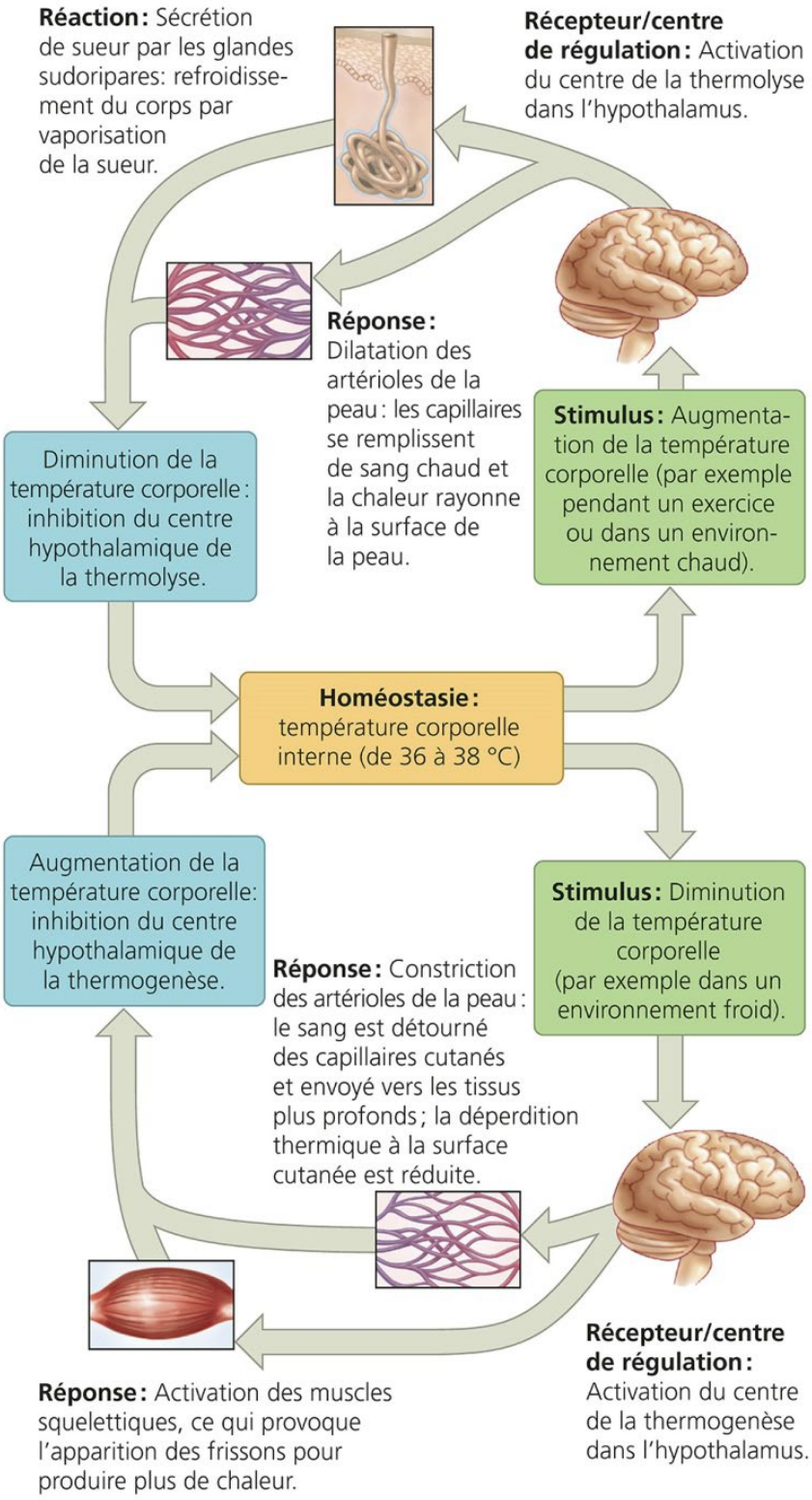
Trop de calcium → Problèmes cardiaque



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 2005, p.9

Made with Goodnotes

Exemple de régulation nerveuse : Les processus homéostatiques qui président à la thermorégulation font intervenir la physiologie et le comportement.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, p. 1006

Made with Goodnotes

2. Le système nerveux et les sens

Introduction

La prochaine section portera sur l'étude du système nerveux qui est le centre de régulation et de communication de l'organisme. Le système nerveux assume trois fonctions étroitement liées :

Il reçoit l'information sur les changements qui se produisent tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'organisme grâce à ses millions de récepteurs sensoriels. Ces changements sont appelés *stimulus (ou stimuli)* et l'information recueillie *information sensorielle*.

Il traite l'information sensorielle et détermine l'action à entreprendre à tout moment. Ce processus se nomme *intégration*.

Il fournit une *réponse motrice* qui active des muscles ou des glandes.

Objectifs spécifiques

1. Décrivez les constituantes et les particularités cellulaires des neurones.
2. Décrivez les différents types de cellules de la névroglie ainsi que leurs fonctions respectives.
3. Décrivez les mécanismes de physiologie cellulaire permettant la création et la propagation de l'influx nerveux le long d'un neurone.
4. Comparez les synapses chimiques aux synapses électriques.
5. Les neurotransmetteurs sont les molécules chimiques porteuses du signal dans la synapse chimique. Quelles sont les caractéristiques communes à tous les neurotransmetteurs ? Donnez les fonctions de l'acétylcholine et de la dopamine.
6. Décrivez brièvement les grandes divisions du système nerveux des humains.
7. Donnez les principales fonctions des constituants de : l'encéphale (hémisphères cérébraux, pont, bulbe rachidien, cervelet, thalamus, hypothalamus), la moelle épinière et le système nerveux périphérique de l'humain (autonome et somatique).
8. Décrivez les organes et la physiologie des sens suivants : sensations somatiques, sens chimiques (olfactif et odorat), sens de l'équilibre, sens de l'ouïe, sens de la vue.

Made with Goodnotes

Le système nerveux

L'individu animal est très complexe. Chaque animal se doit donc de posséder des systèmes de régulation. Deux systèmes de régulation existent chez les animaux : le système nerveux et le système endocrinien.

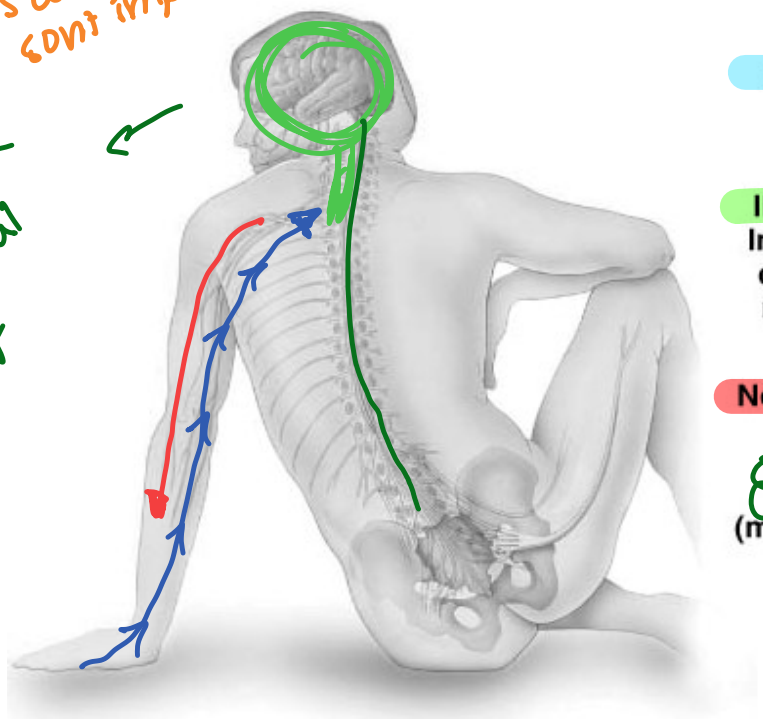
Nous allons étudier le système nerveux en premier lieu.

Les cellules du système nerveux (les neurones) sont spécialisées dans la transmission rapide de messages par **courant ionique** (l'influx nerveux).

La vitesse de l'influx nerveux qui voyage dans un neurone peut atteindre 100m/s (360 km/h)!

Le système nerveux dans son ensemble assume trois grandes fonctions :

1. **Réception de l'information sensorielle (stimuli).**
2. **Intégration (analyse) de l'information par le SNC.**
3. **Émission de commandes motrices.**



STIMULUS
↓
RÉCEPTEURS (neurones)
↓
INTÉGRATEURS Interneurones du cerveau et de la moelle épinière
↓
Neurones moteurs
↓
EFFECTEURS (muscles, glandes)
↓
RÉACTION

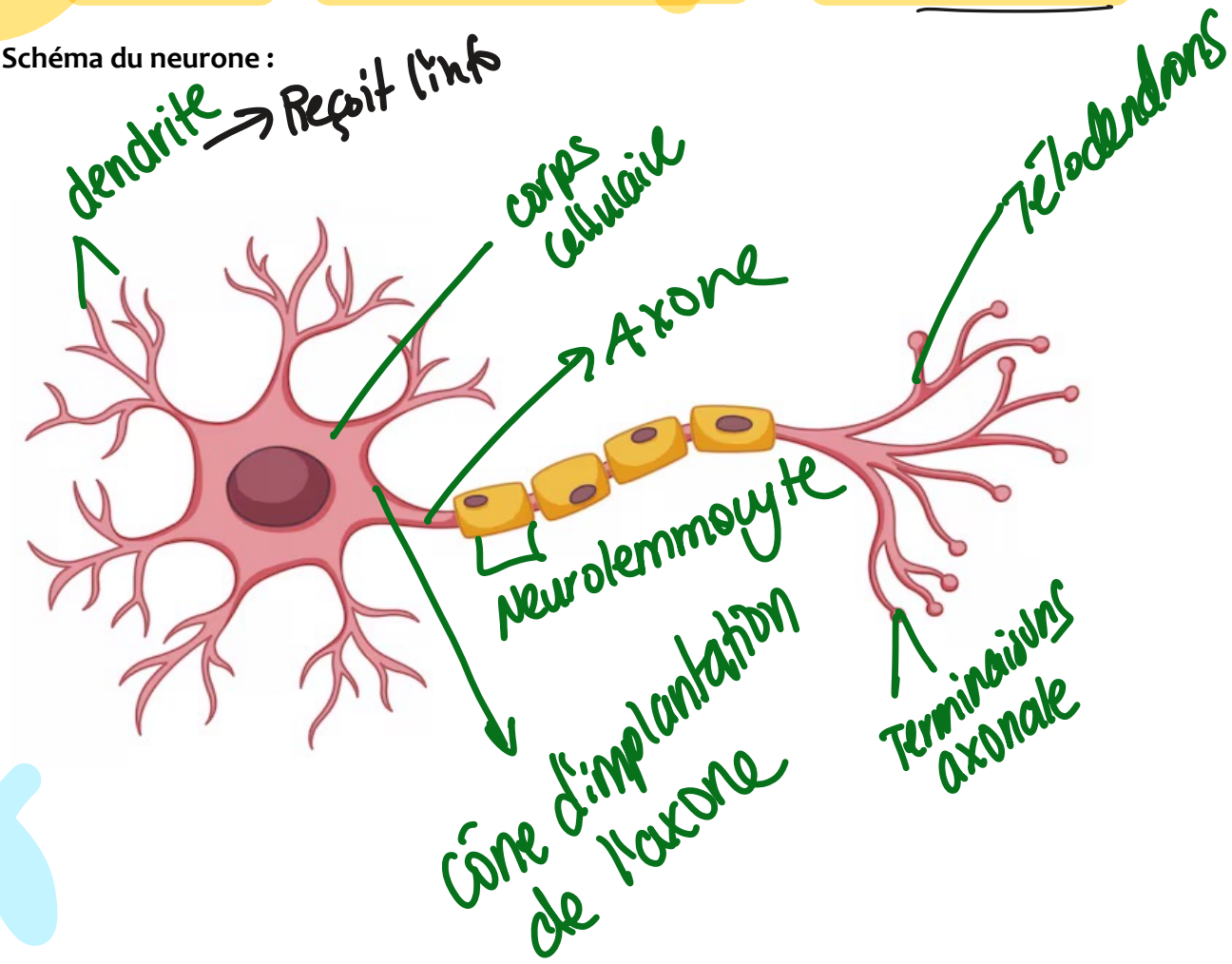
Tirée de «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.579

Made with Goodnotes

L'analyse histologique du système nerveux nous permet d'observer deux grandes catégories de cellules.

1. **Les neurones :** cellules excitables qui produisent et acheminent l'influx nerveux.

Schéma du neurone :



- **Caractéristiques des neurones :** cellule excitable, à métabolisme élevé (et sans réserve intracellulaire), cellule considérée amitotique, cellule à longévité élevée.
- **Fonctions des neurones :** produire et propager l'influx nerveux porteur des messages du système nerveux.
- **Catégories fonctionnelles de neurones :** Les neurones sensitifs (sensoriels) acheminent l'influx nerveux vers le SNC, les neurones moteurs acheminent l'influx nerveux vers l'effecteur et les autres neurones sont tous des interneurones.

Made with Goodnotes

Examen

SNP → Système nerveux périphérique

Les cellules de la névroglie : cellules de soutien, d'isolation et de protection.

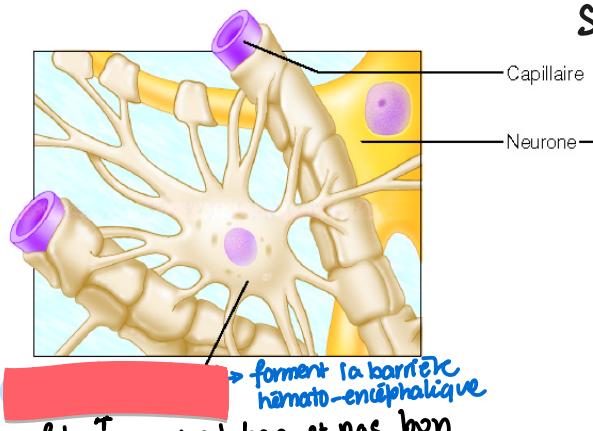
SIP

→ le même groupe

Cellules de soutien (de la névroglie ou gliocyte) : cellules de diverses catégories qui servent à soutenir les neurones (isoler, protéger et guider). Cellules nombreuses (environ 10 fois plus que les neurones) et de petite taille.

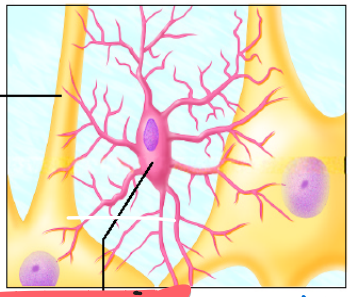
Cellule soutient
isoler protéger
Soutien

SNC

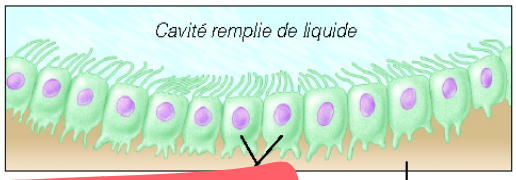


forment la barrière hémato-encéphalique

filtre ce qui est bon et pas bon et nous protège le SNC

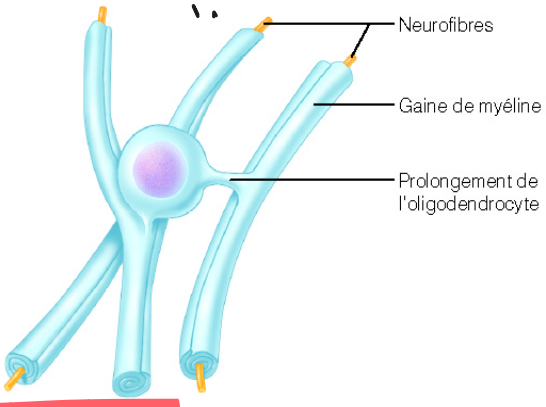


cellule immunitaire qui protège le SNC



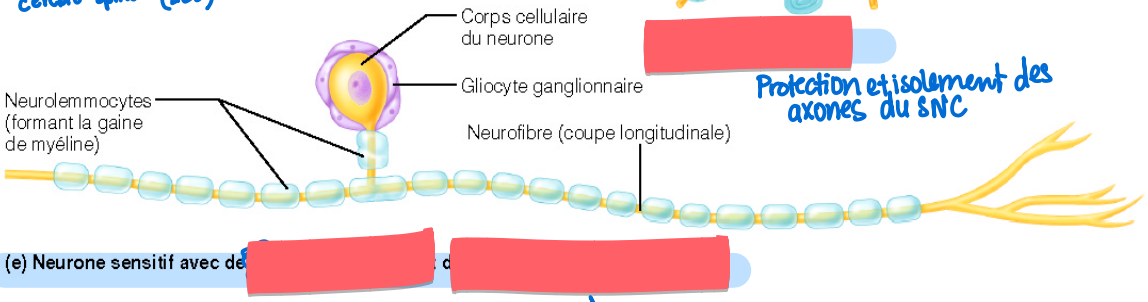
u de l'encéphale ou de la moelle épinière

Tapissent les cavités du SNC production du liquide céfalo-spinal (LCS)



Protection et isolement des axones du SNC

SNP



(e) Neurone sensitif avec dé

à l'examen savoir faire le lien que c'est SNP

Protection et isolement des axones du SNP

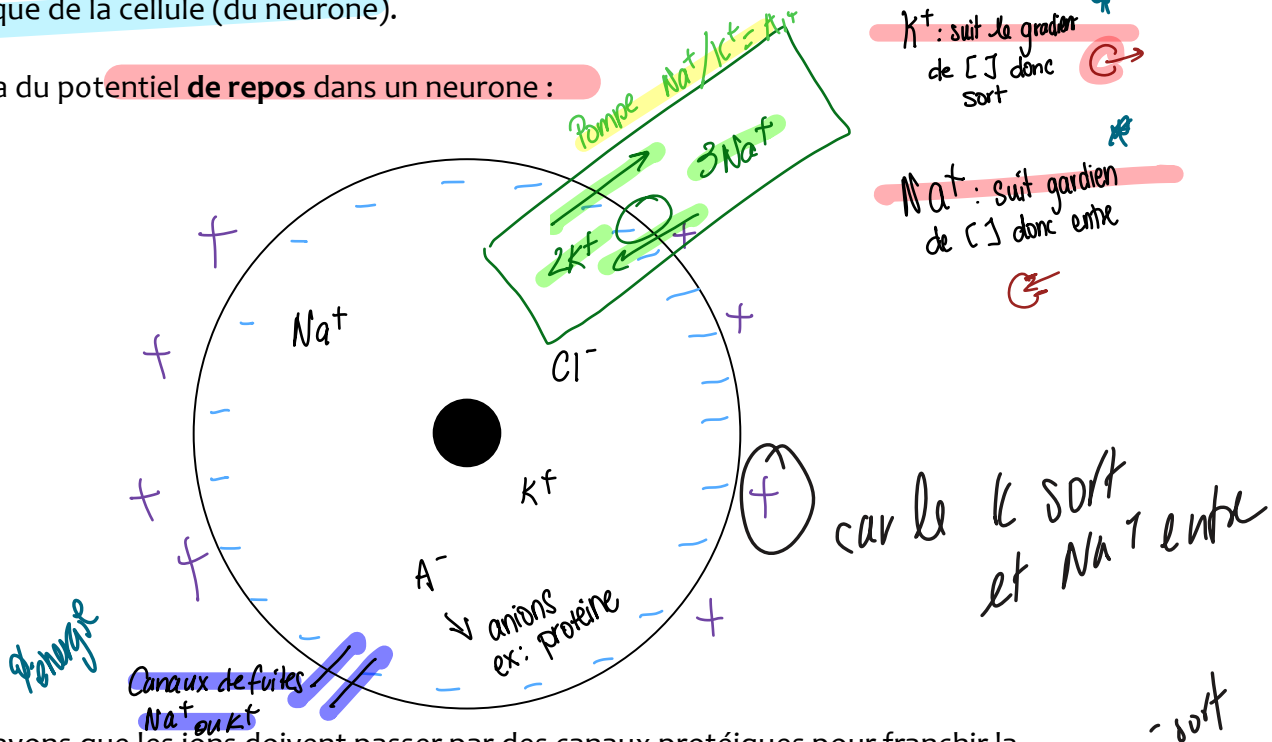
Soutient et protection du corps cellulaire de neurones du SNP

Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 2005, p.400

Made with Goodnotes

L'influx nerveux est un message électrique créé par le flux d'ions à travers la membrane plasmique de la cellule (du neurone).

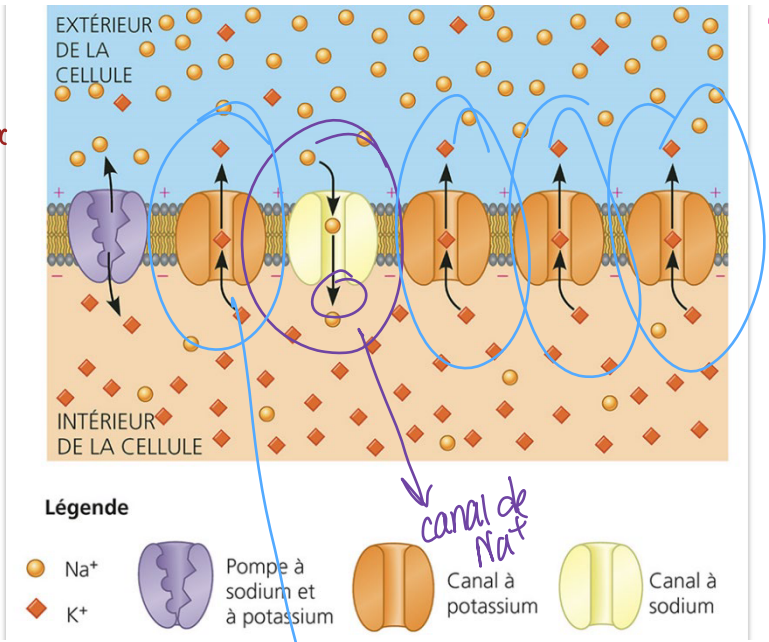
Schéma du potentiel **de repos** dans un neurone :



Nous savons que les ions doivent passer par des canaux protéiques pour franchir la membrane.

Au repos : Les canaux de fuite présents et pompes dans la membrane du neurone au repos :

La membrane du neurone possède plus de canaux de fuite à K^+ que de canaux de fuite à Na^+ donc la diffusion du potassium à travers la membrane sera plus grande que la diffusion du sodium.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p. 1217

Made with Goodnotes

Maintenant que nous connaissons les mécanismes responsables du potentiel de repos du neurone, nous allons voir les mécanismes des variations du potentiel de ce neurone.

Ces mécanismes fonctionnent via diverses protéines membranaires que l'on retrouve dans la membrane cellulaire des neurones.

Les canaux ioniques à fonction active sont ceux qui sont impliqués dans les variations du potentiel de membrane.

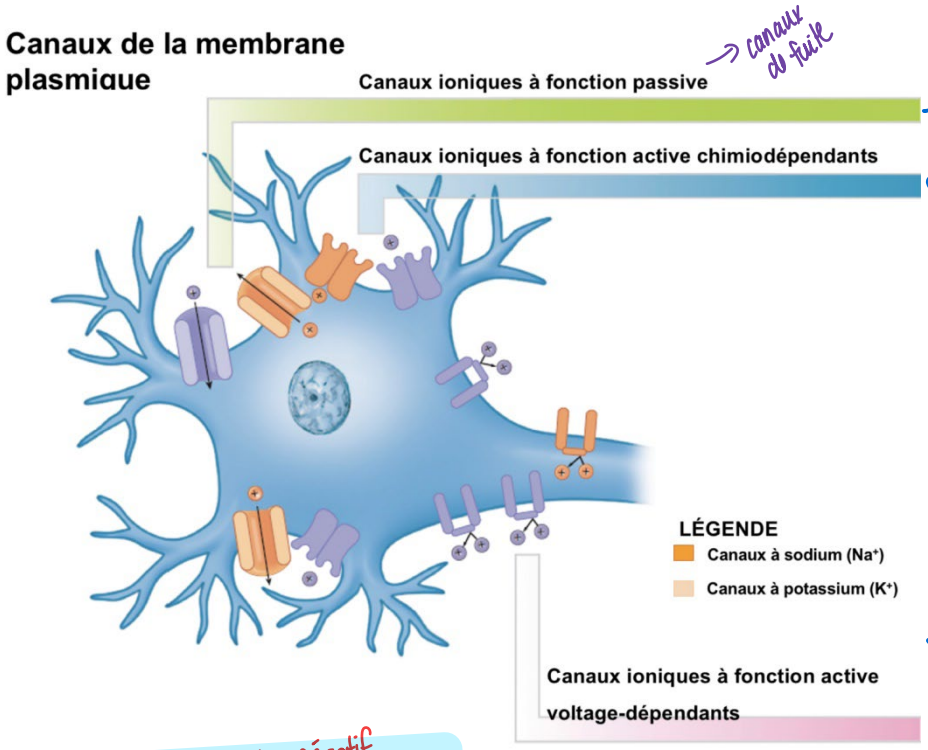


Image tirée de ppt modifiable ERPI, 2015

L'hyperpolarisation

L'hyperpolarisation est une **augmentation** de la polarisation de la membrane.

- **Mécanismes responsables de l'hyperpolarisation :** le stimulus entraine une ouverture de canaux à K^+ et donc une sortie de K^+ ou encore une ouverture de canaux à Cl^- et donc une entrée de Cl^-.

La dépolarisation

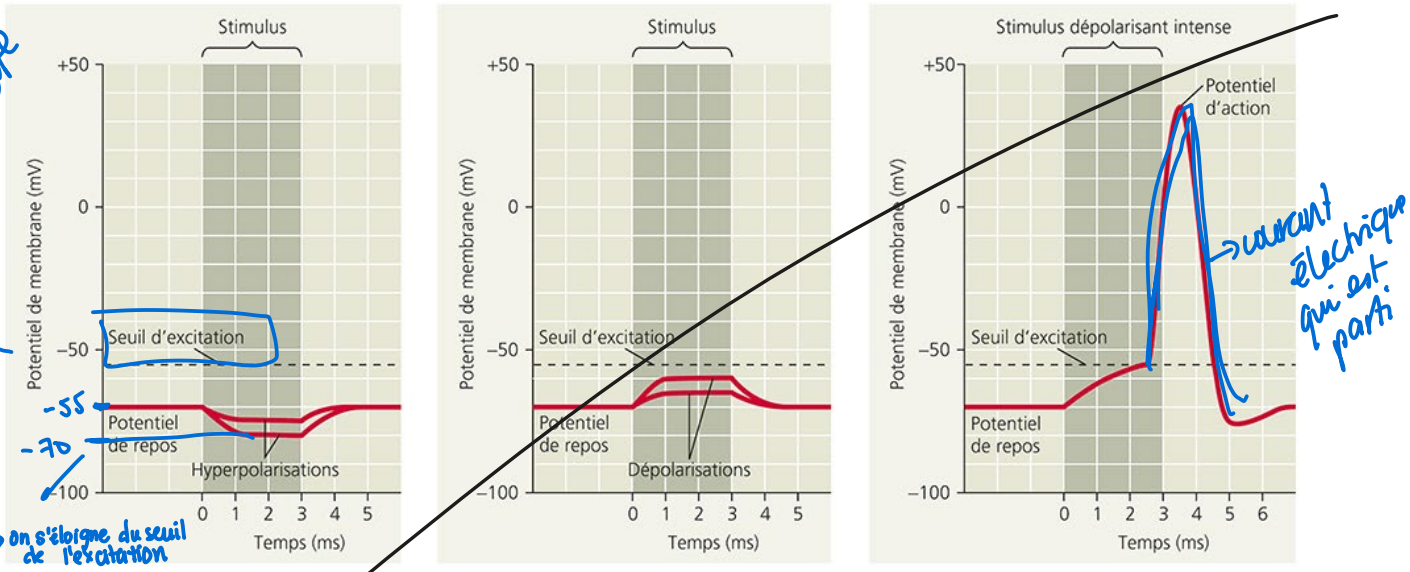
La dépolarisation est une **réduction** de la polarisation de la membrane.

- **Mécanismes responsables de la dépolarisation :** le stimulus entraine une ouverture de canaux à Na^+ et donc une entrée de Na^+.

Made with Goodnotes

Les variations (dépolarisation et hyperpolarisation) brèves et locales du potentiel de membrane :

- Débutent dans les dendrites;
- Sont causées par des stimuli excitateurs ou inhibiteurs;
- Se propagent généralement dans le corps cellulaire jusqu'au cône d'implantation;
- Peuvent être nommées potentiels gradués (l'ampleur de la variation de potentiel est proportionnelle à l'ampleur de la stimulation).



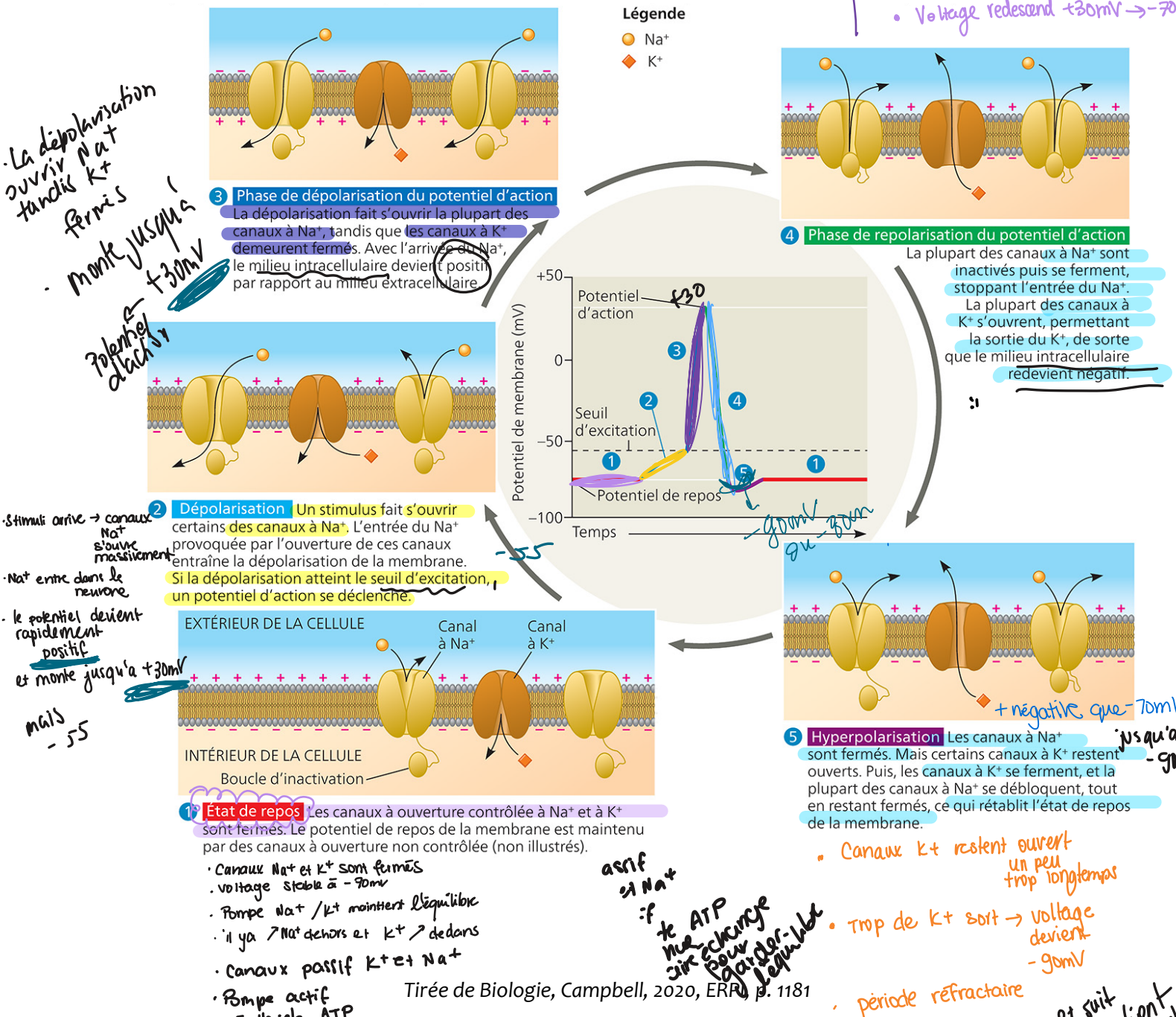
Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p. 1219

Made with Goodnotes

Dans un neurone, si la dépolarisation atteint le seuil d'excitation (de –55mV à -50mV), il y aura déclenchement d'un potentiel d'action au cône d'implantation.

Un potentiel d'action (PA) qui voyage le long d'un axone est nommé **influx nerveux.**

Le PA répond à la loi du tout ou rien…



Tirée de Biologie, Campbell, 2020, ERPI, p. 1181

N.B. : Cette figure présente SEULEMENT les canaux voltage-dépendants (tension dépendants)

Made with Goodnotes

Je dois retenir les chiffres

Sur la figure de la page précédente on observe :

-55 mV
- Atteinte du seuil d'excitation (-50 à -55mV) suite à la dépolarisation au cône d'implantation.

+30mV
- Phase de dépolarisation : les canaux tensiodépendants à Na^+ s'ouvrent, le Na^+ entre, l'intérieur devient localement positif.

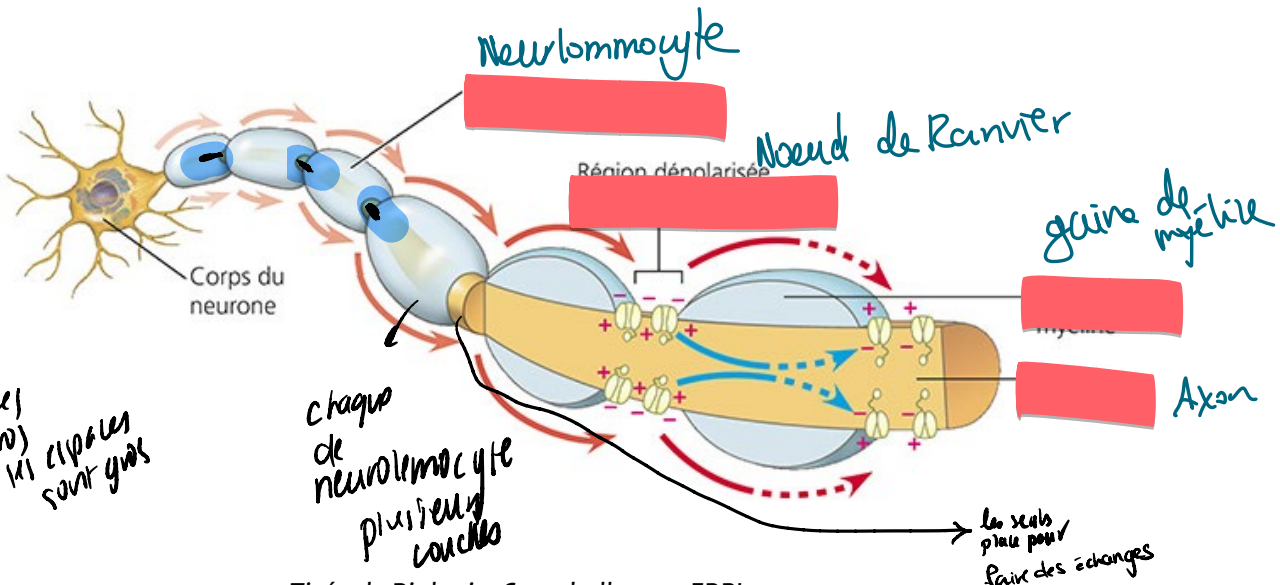
Vers -70mV
- Phase de repolarisation : les canaux tensiodépendants à Na^+ se referment progressivement et les canaux à K^+ tensiodépendants s'ouvrent… le K^+ sort.

-80mV
- Période d'hyperpolarisation : période pendant laquelle les canaux à K^+ tensiodépendants sont toujours ouverts alors que ceux à Na^+ sont déjà fermés.

-70mV
- Période réfractaire : période où le neurone ne réagit pas à un autre stimulus. Elle est causée par le délai de la réactivation des canaux à Na^+ voltage-dépendants. Cette période détermine la fréquence maximale des PA et permet la **propagation unidirectionnelle des PA**.

Propagation du PA : les courants ioniques à travers la membrane permettent le déplacement perpendiculaire d'un influx nerveux, du cône d'implantation à la terminaison axonale.

Vitesse de propagation du PA : la vitesse de propagation du potentiel d'action varie de façon proportionnelle avec le diamètre de la section transversale du fil conducteur (plus l'axone est gros plus le PA voyage rapidement). De plus, la présence d'une gaine de myéline permet la conduction saltatoire et donc l'augmentation de la vitesse de propagation de l'influx nerveux.



* plus les neurones sont gros plus les cellules sont grosses

Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1221

Made with Goodnotes

Synapse électrique
pré-synaptique
postsynaptique

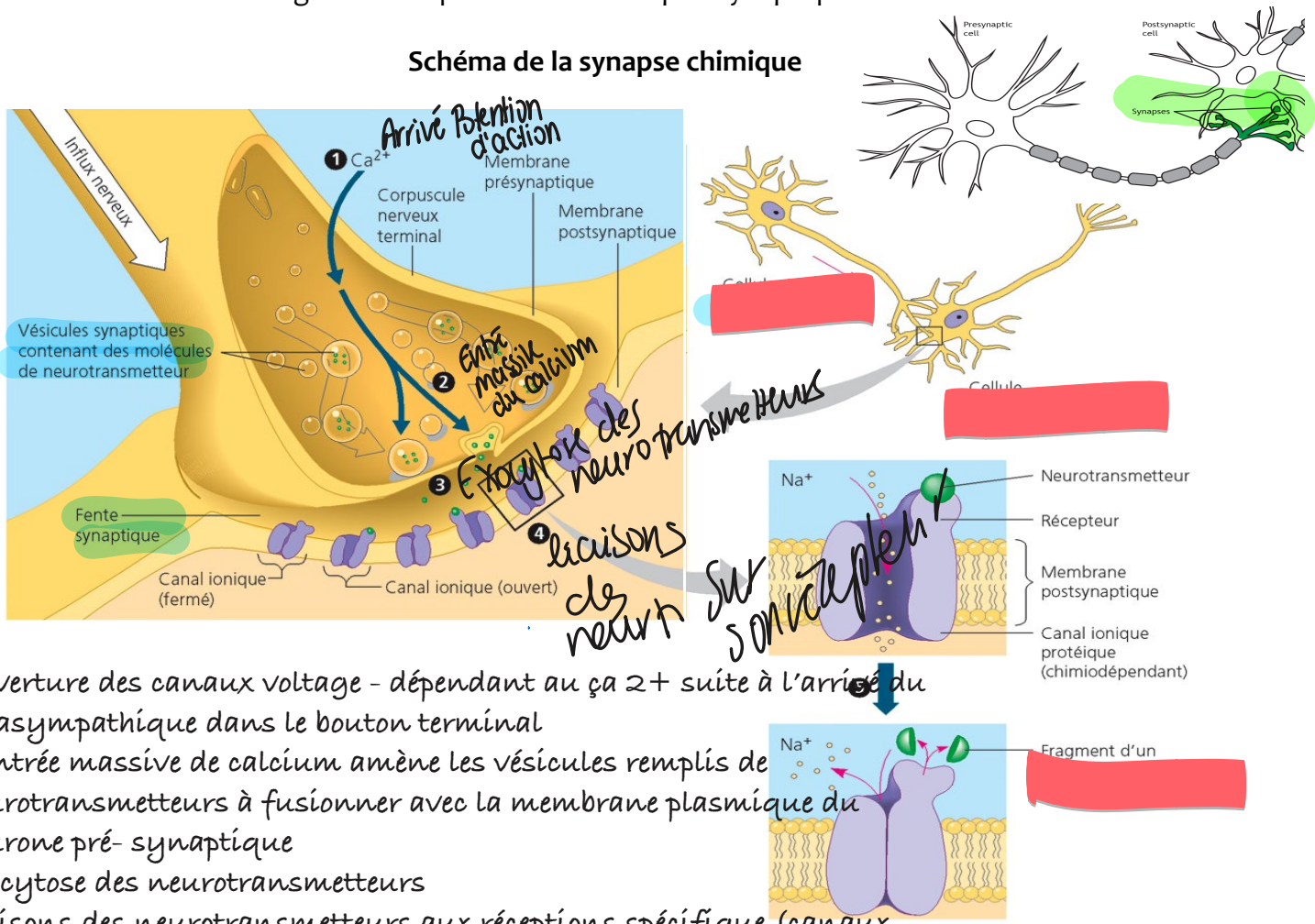
Une fois à la terminaison axonale, l'influx nerveux doit pouvoir se transmettre d'une cellule à l'autre. La jonction entre deux cellules se nomme **synapse**.

Il existe deux catégories de synapses : la synapse électrique et la synapse chimique.

Rouler les yeux → synchro

1. **Synapse électrique :** cette synapse est une jonction ouverte qui permet de joindre les cytoplasmes des cellules présynaptique et postsynaptique. Elle permet une transmission rapide du message. Le message ne peut cependant varier d'une cellule à l'autre.
   Exemple : Permet de synchroniser des mouvements
   --> comme le mouvement des roulement des yeux dans la même direction
2. **Synapse chimique :** dans cette synapse le signal électrique de la cellule présynaptique est transformé en signal chimique dans la fente synaptique. La liaison du neurotransmetteur et de son récepteur complémentaire favorise ensuite la production d'un nouveau signal électrique dans la cellule postsynaptique.

Schéma de la synapse chimique



1. Ouverture des canaux voltage - dépendant au ça 2+ suite à l'arrivé du parasympathique dans le bouton terminal
2. L'entrée massive de calcium amène les vésicules remplis de neurotransmetteurs à fusionner avec la membrane plasmique du neurone pré- synaptique
3. Exocytose des neurotransmetteurs
4. Liaisons des neurotransmetteurs aux réceptions spécifique (canaux chimiodependant) du neurone post-synaptique
5. Arrêt de l'action de neurotransmetteurs par dégradation ou réabsorption au neurone pré-synaptique

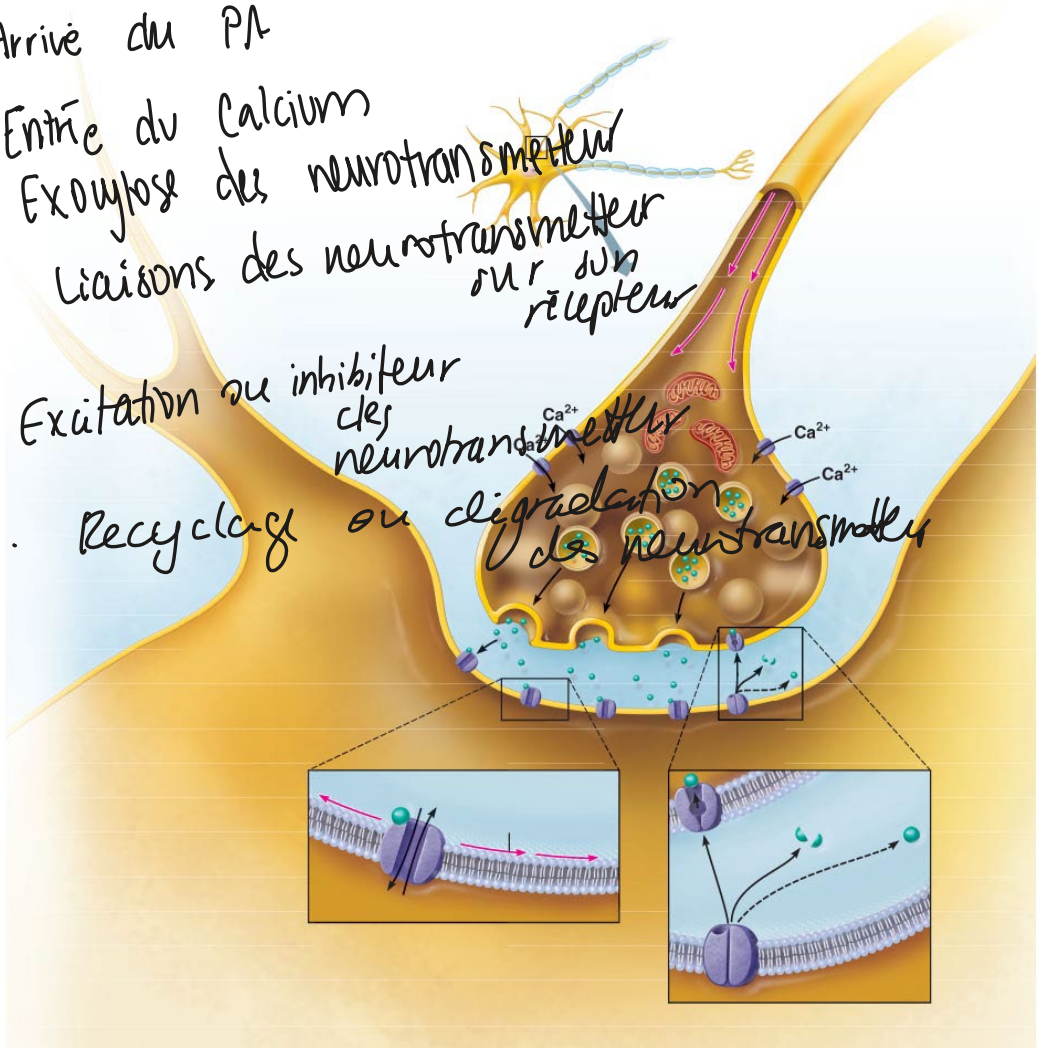
Tirée de Biologie, Campbell, 2004, ERPI, p.1129

Made with Goodnotes

Exercice : Identifiez les structures impliquées dans la synapse chimique sur ce schéma puis placer les étapes suivantes aux bons endroits :

1.
2.
3.
4.
5.
6.

1. Arrivé du PA
2. Entrée du Calcium
3. Exocytose des neurotransmetteur
4. Liaisons des neurotransmetteur sur son récepteur
5. Excitation ou inhibiteur des neurotransmetteur
6. Recyclage ou dégradation des neurotransmetteur



Tirée d'Anatomie et physiologie humaines, Marieb, 2019, figure 11.17, p.465

Made with Goodnotes

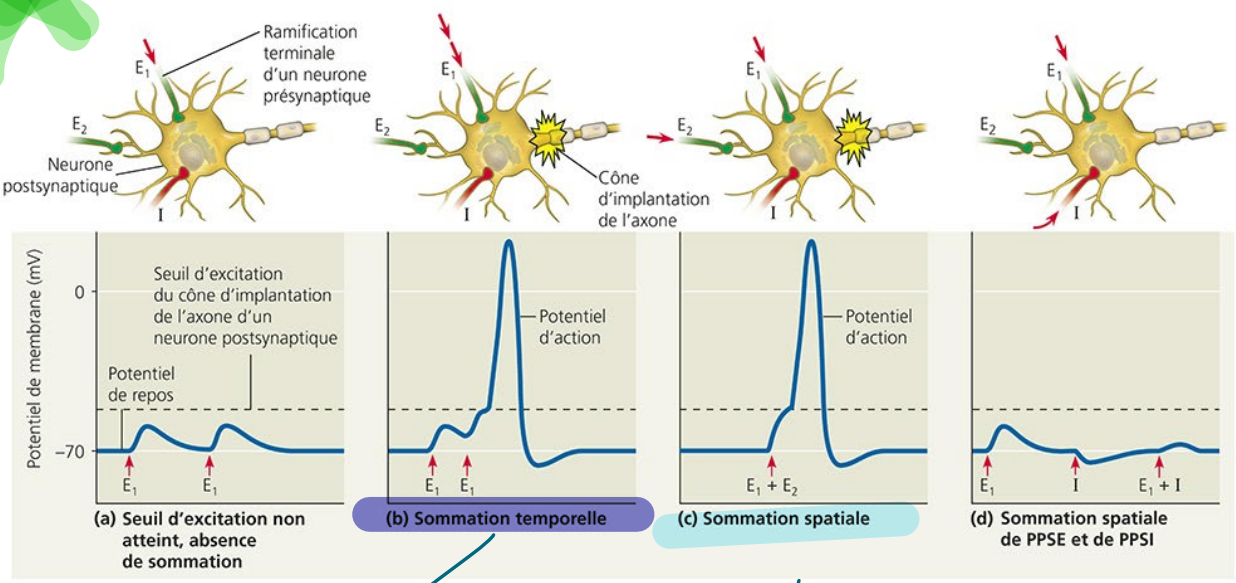
Divers neurotransmetteurs sur divers récepteurs envoient divers messages à la cellule postsynaptique. Cela peut créer :

- **PPSE : Potentiel post-synaptique excitateur**
- **PPSI : Potentiel post-synaptique inhibiteur**

Les PPSE et PPSI seront tous variables selon la quantité et la nature des neurotransmetteurs qui se lient à la membrane postsynaptique.

Les PPSE et PPSI sont additionnés au cône d'implantation selon une sommation temporelle et/ou une sommation spatiale et si la sommation permet d'atteindre le seuil d'excitation il y aura déclenchement d'un PA.

Les PPSE et les PPSI sont additionnés dans la cellule postsynaptique



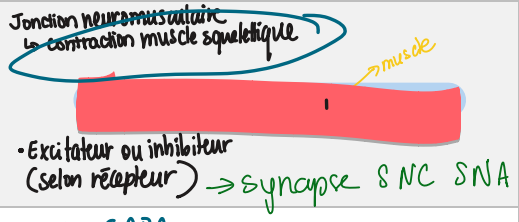
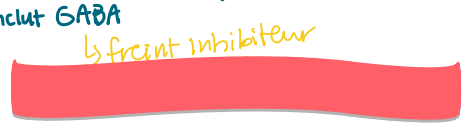
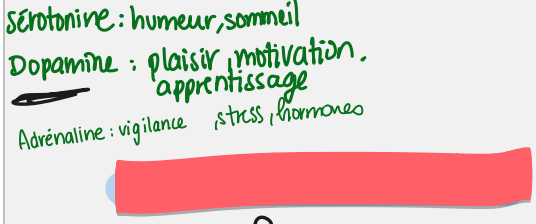
Tirée de Biologie, Campbell, 2012, p. 1223

Made with Goodnotes

Neurotransmetteur :

On commence à découvrir les divers neurotransmetteurs qui jouent des rôles clés dans la propagation de l'influx nerveux. Pour être un neurotransmetteur une substance chimique doit répondre à certaines conditions :

1. Se retrouver dans une vésicule synaptique de la terminaison axonale de la cellule présynaptique et être libérée lors de l'arrivée du potentiel d'action.
2. Provoquer une réponse physiologique lorsque appliquée sur la membrane postsynaptique (d'un neurone, d'une cellule musculaire ou glandulaire).
3. Être éliminée rapidement de la synapse (par dégradation ou recyclage).

Classe de neurotransmetteur	Quelques exemples associés à cette classe
	Seul représentant de cette catégorie, l'Ach entraîne une excitation à la jonction neuro-musculaire et la contraction des muscles squelettiques. Il excite ou inhibe (selon le récepteur) dans les synapses du SNC et SNA.
	Molécules signalisatrices dans le SN. On y retrouve l'acide gamma aminobutyrique (GABA) qui est principalement un inhibiteur cérébral influençant également le tonus musculaire.
	On y retrouve la sérotonine et la dopamine qui jouent des rôles dans la régulation de l'humeur, les fonctions cognitives (apprentissage, mémoire…) et la recherche de plaisir. On y retrouve également la noradrénaline et l'adrénaline qui agissent à titre de neurotransmetteurs ou d'hormones et dont les effets varient selon le récepteur.
4- Neuropeptides	On y retrouve les enképhalines qui jouent des rôles dans la perception de la douleur, la sensation de bien-être.
5- Purines	On y retrouve l'adénosine qui joue des rôles dans la perception de la douleur et la régulation du cycle éveil-sommeil.
6- Gaz	On y retrouve le monoxyde d'azote (NO) qui joue entre-autres un rôle dans l'apprentissage et la mémoire.

Made with Goodnotes

Tous les neurotransmetteurs ont des effets différents selon le type de récepteurs sur lequel ils se fixent. Un même neurotransmetteur pourra donc avoir des effets différents à des endroits différents du corps.

Plusieurs substances modulent ou perturbent l'action normale des neurotransmetteurs. La **cocaïne** augmente la sensation de plaisir en se fixant sur le canal de recapture de certaines neurotransmetteurs (sérotonine et dopamine) du neurone présynaptique.

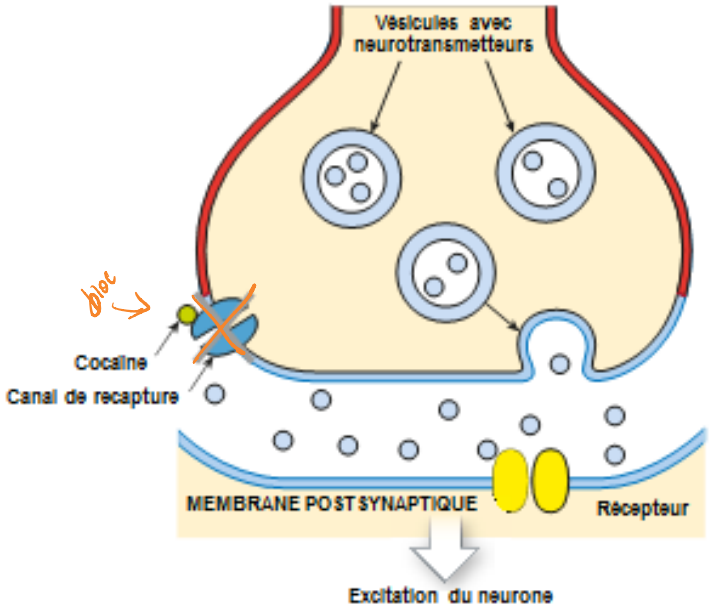
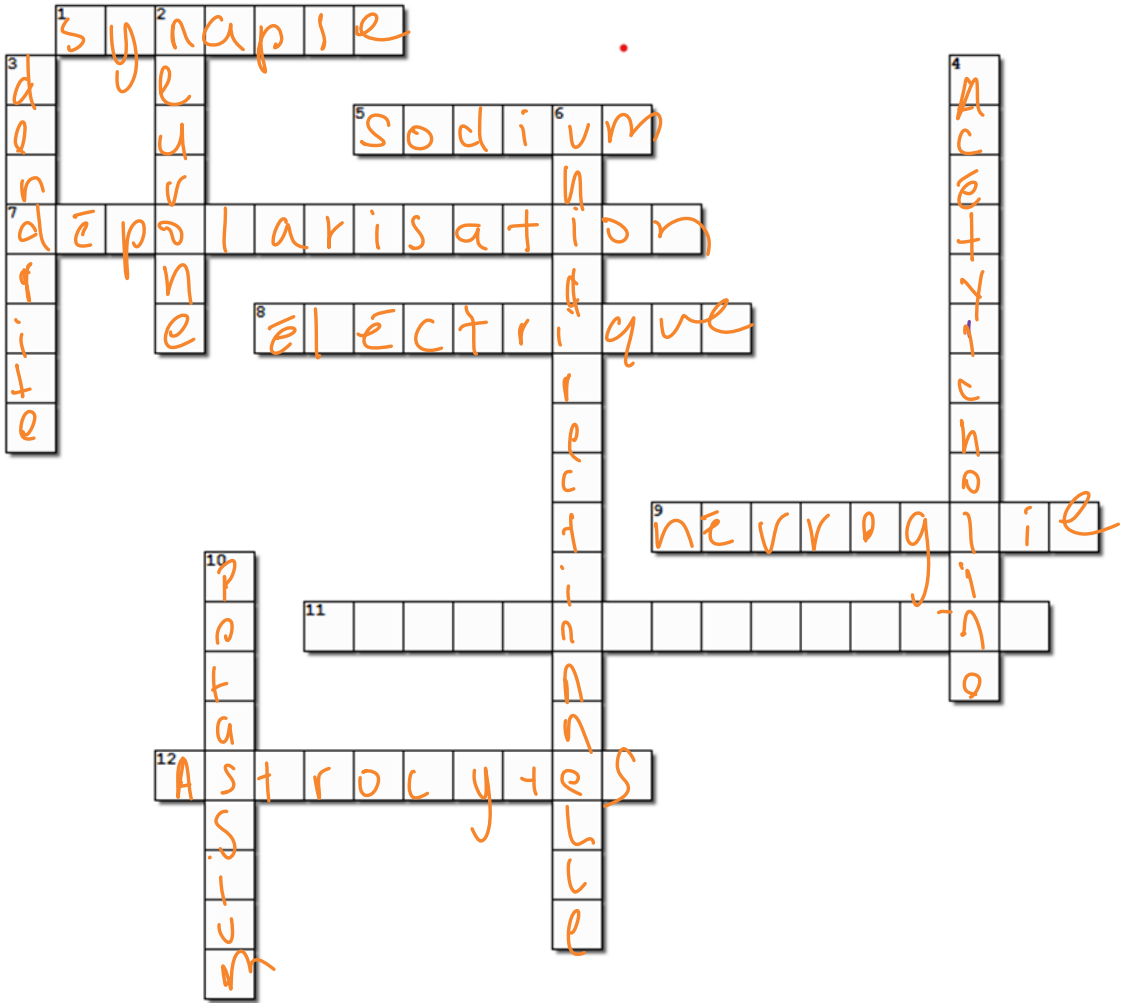


Image tirée de L'Essentiel de la biologie, Martini, ERPI, 2015, p.147

Made with Goodnotes

Révision sur la neurophysiologie :



Horizontal

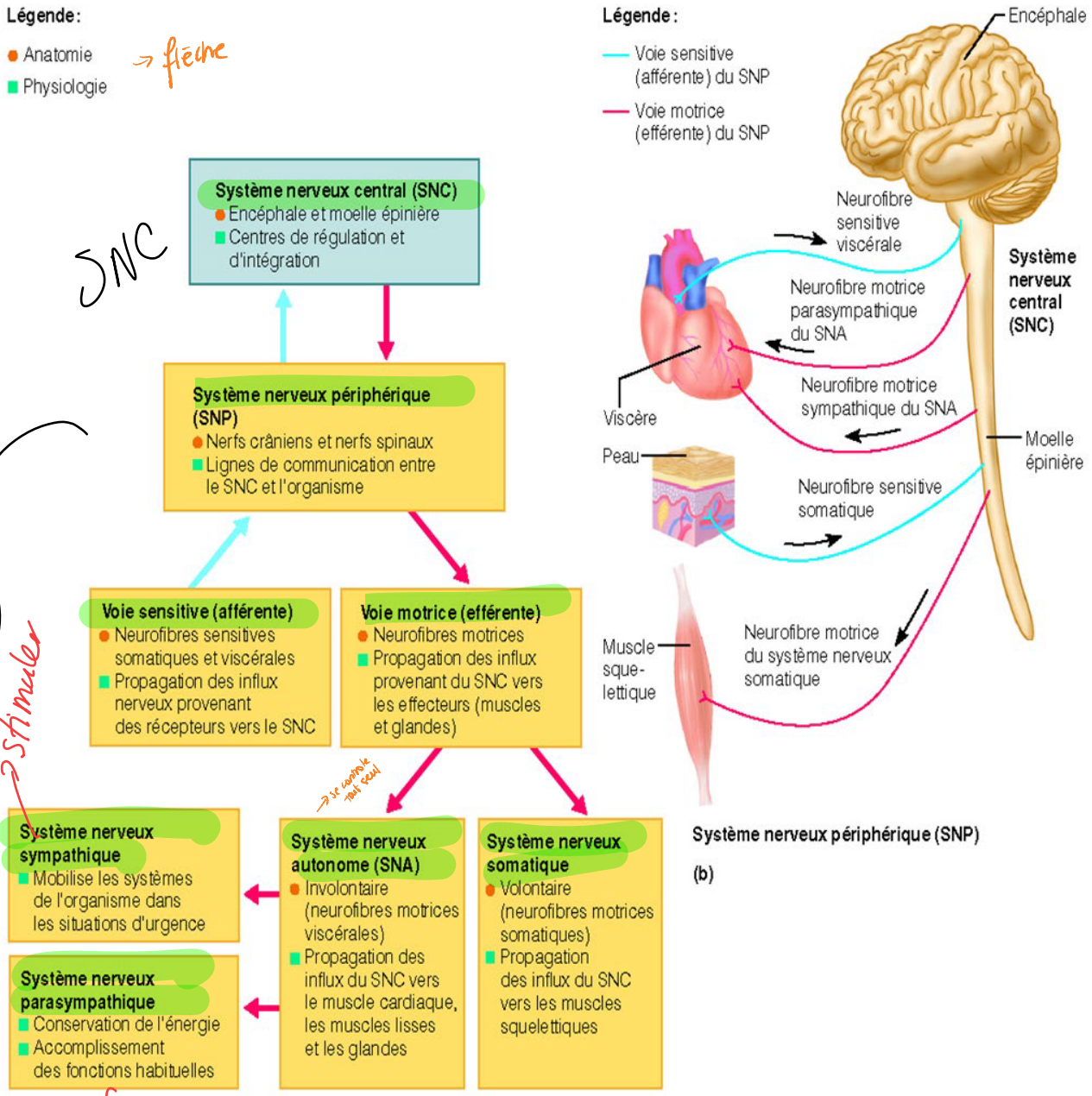
1. jonction de deux neurones
5. cation abondant dans le milieu extracellulaire
7. réduction de la polarisation du neurone
8. type de synapse sans modulation du signal
9. Gliocyte de protection du SNC
11. se dit d'un canal à fonction active influencé par la charge
12. ils forment la barrière hématoencéphalique

Vertical

2. cellule excitable du SN
3. structure du neurone qui capte les stimuli
4. neurotransmetteur qui entraîne la contraction du muscle squelettique
6. se dit de la propagation d'un influx nerveux
10. cation abondant dans le milieu intracellulaire

Made with Goodnotes

Grandes divisions du SN :



Tirée d'«Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.430

Made with Goodnotes

Biologie

- **Système Nerveux Central (SNC)**
  cerveau + moelle épinière
- **Système Nerveux Périphérique (SNP)**
  tout les nerfs qui partent du SNC → le corps

Voie sensitive:
- ramène les infos des récepteur vers → SNC

Voie motrice:
- transmet les commandes du SNC vers les organes

Système somatique:
contrôle les muscles squelettique (mouvement volontaires)

Système autonome:
contrôle les organes internes (coeur, digestion, respiration)

Sympathique:
"mode urgence"
- Accélère le coeur
- dilate les pupilles
- Accélération FC

Parasympathique:
"mode de repos"
- ralentit le coeur
- favorise la digestion
- Réduction de la FC

exemple:

Constriction des bronches
→ tube qui mènent tes poumons rétrécissent

→ Tu respires moins facilement

Constriction des vaisseaux sanguins
"tuyau" du sang deviennent étroits

↓
moins de sang passe

élargissement

ert

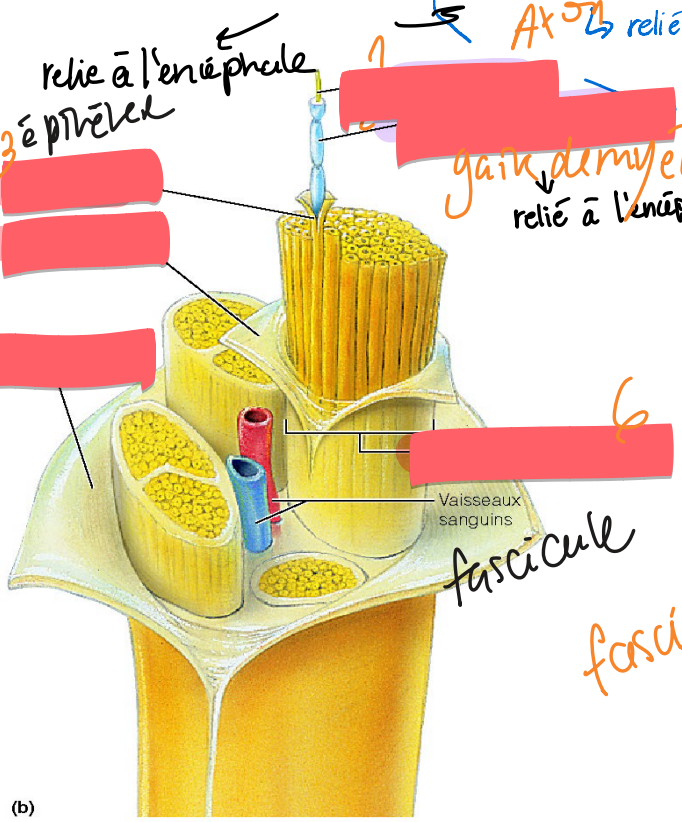
Made with Goodnotes

Nous allons étudier chaque sous-division principale du SN humain.

I. Système nerveux périphérique de l'humain SNP

Caractéristiques générales : le SNP est formé de **nerfs** (regroupement d'axones, de cellules de Schwann (ou neurolemmocytes), entourés de tissu protecteur) et de **ganglions** (regroupement de corps cellulaires de neurones et de gliocytes ganglionnaires). On observe 12 paires de **nerfs crâniens** et 31 paires de **nerfs rachidiens**.

Structure du nerf :



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 2005, p.512

Les nerfs sensitifs acheminent les stimuli du milieu interne (via nerfs sensitifs viscéraux) et du milieu externe (via nerfs sensitifs somatiques) au SNC afin de maintenir l'équilibre (l'homéostasie).

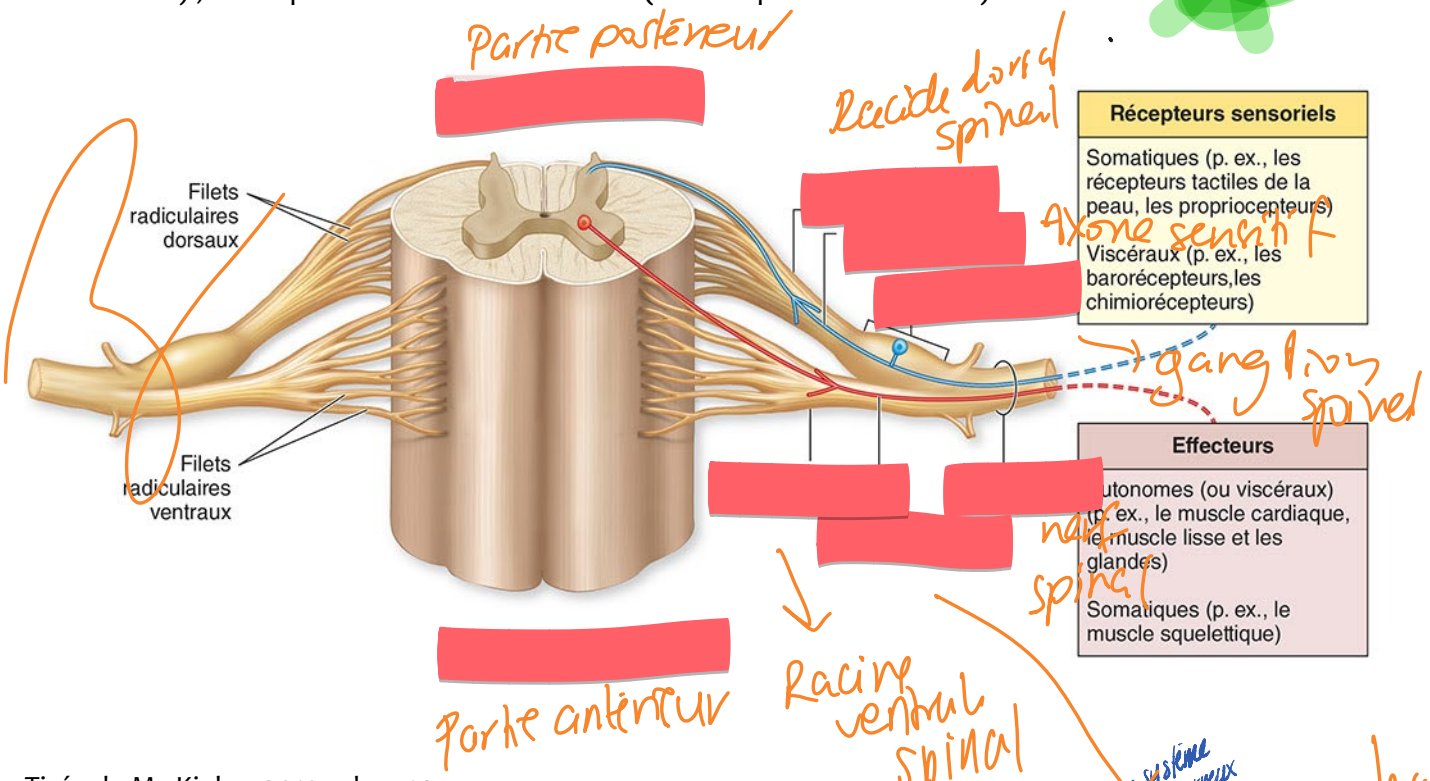
Les nerfs moteurs acheminent les commandes motrices volontaires aux muscles striés squelettiques (via nerfs moteurs somatiques) et les commandes motrices involontaires aux muscles lisses, au cœur et aux glandes (via nerfs du SNA sympathique et parasympathique).

Les nerfs mixtes comportent des neurones sensitifs et des neurones moteurs.

Made with Goodnotes

↳ Nerfs rachidiens + craniens = mixtes = moteurs + sensitifs

La plupart des nerfs rachidiens (ainsi que de nombreux nerfs crâniens) sont des nerfs mixtes : Ils comportent à la fois des axones de neurones moteurs (somatiques et autonomes) ; ainsi que des neurones sensitifs (somatiques et viscéraux).



Tirée de Mc Kinley, 2019, chap 14

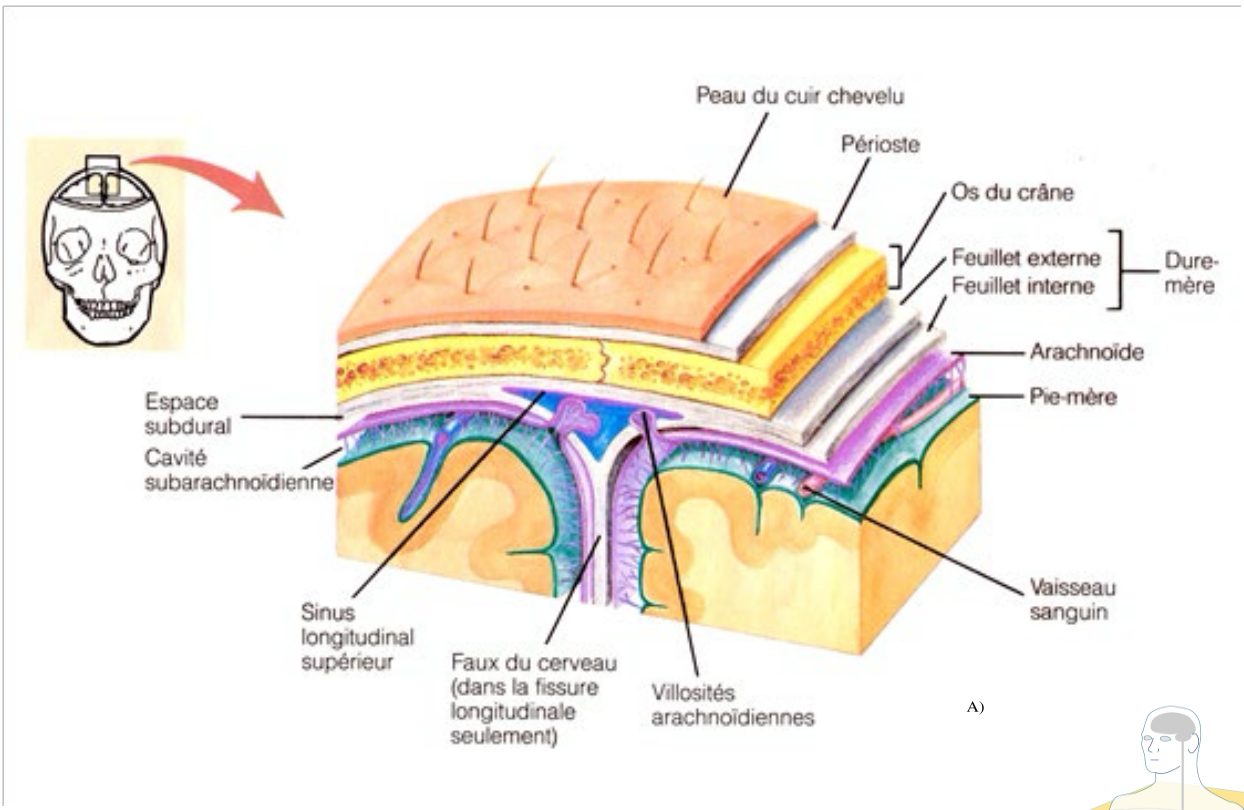
Le système nerveux autonome est une sous-division du SNP moteur. Le SNA possède deux branches qui innervent les mêmes organes mais ont des actions antagonistes.

SNA Parasympathique	SNA Sympathique
↘ FC	↗ FC
	Augmentatio
	Dilatat
système reproducteur et du système digestif.	Dilatatio
digestif.	Stimulation des gla

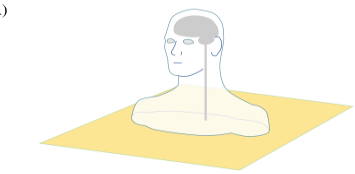
Made with Goodnotes

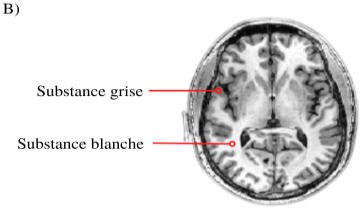
II. Système nerveux central (encéphale + moelle épinière)

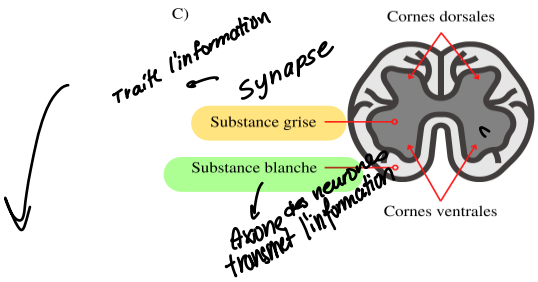
- Protections du système nerveux central :
  - ✓ Cuir chevelu
  - ✓ Os : crâne et vertèbres
  - ✓ Méninges : membranes de tissu conjonctif dont la dure-mère, l'arachnoïde et la pie mère.
  - ✓ Barrière hémato-encéphalique formée des astrocytes et d'une lame basale.
  - ✓ Liquide céphalorachidien sécrété au niveau des capillaires du plexus choroïde, on le retrouve dans les ventricules, dans le canal de l'épendyme et en périphérie.



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 19







Made with Goodnotes

il manque des choses

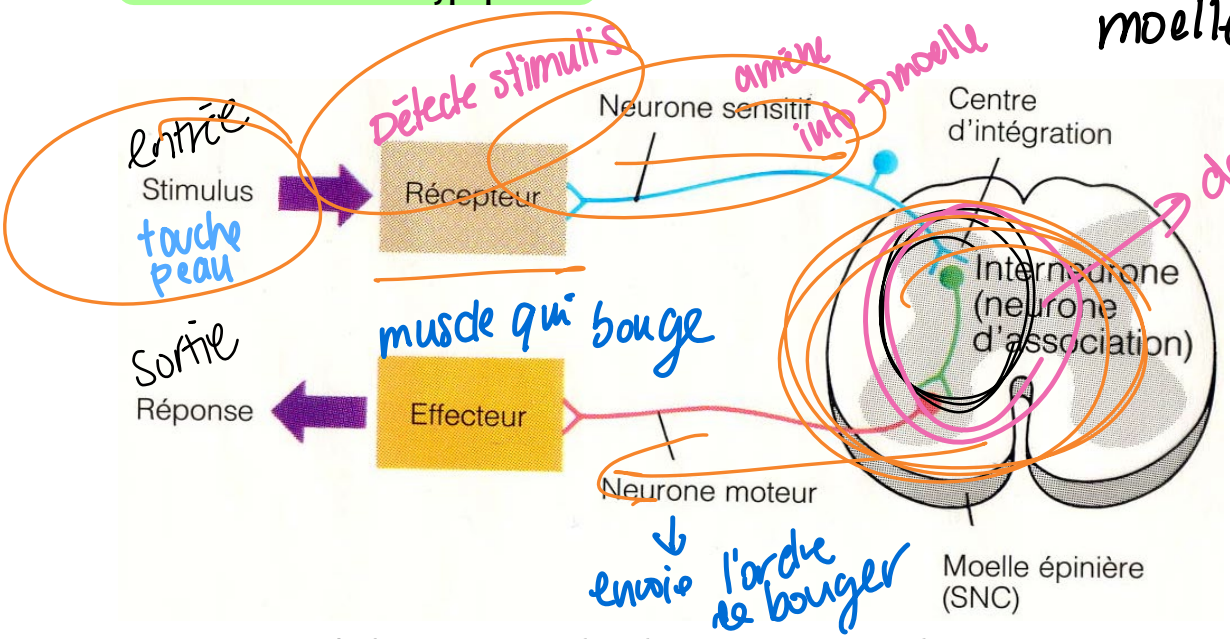
- Structure de la moelle épinière :

« Autoroute » de l'influx nerveux entre l'encéphale et la périphérie

La moelle épinière est une « autoroute » de l'influx nerveux (entre l'encéphale et la périphérie). Elle est également le site d'une petite partie de l'intégration : certains réflexes sont localisés dans la moelle épinière.

↳ certains réflexes sont traité directement dans la moelle

Schéma de l'arc réflexe typique :

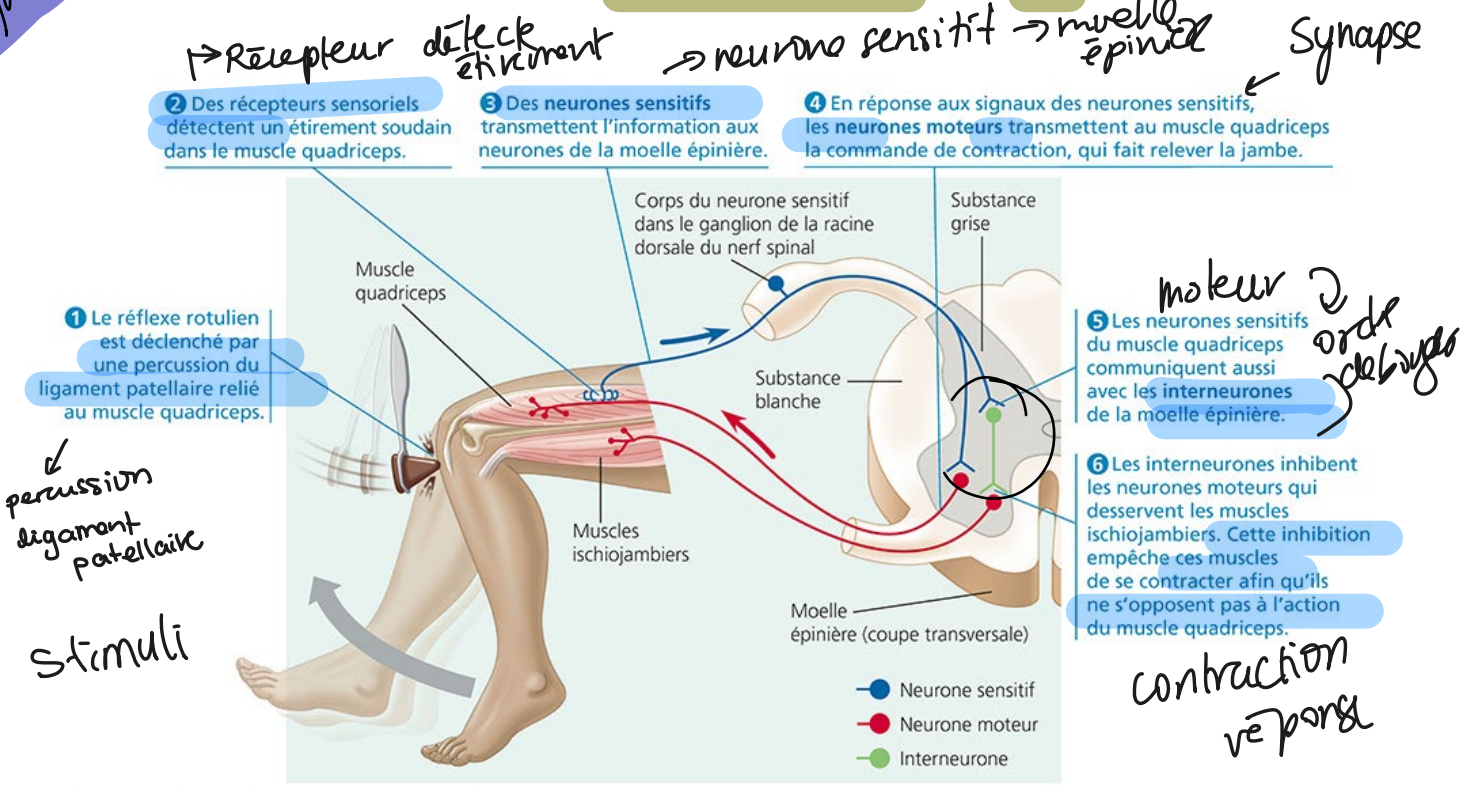


Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.487

Made with Goodnotes

quoi retenir ??

Schéma d'un arc réflexe bien connu : Le réflexe rotulien (patellaire)



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1233

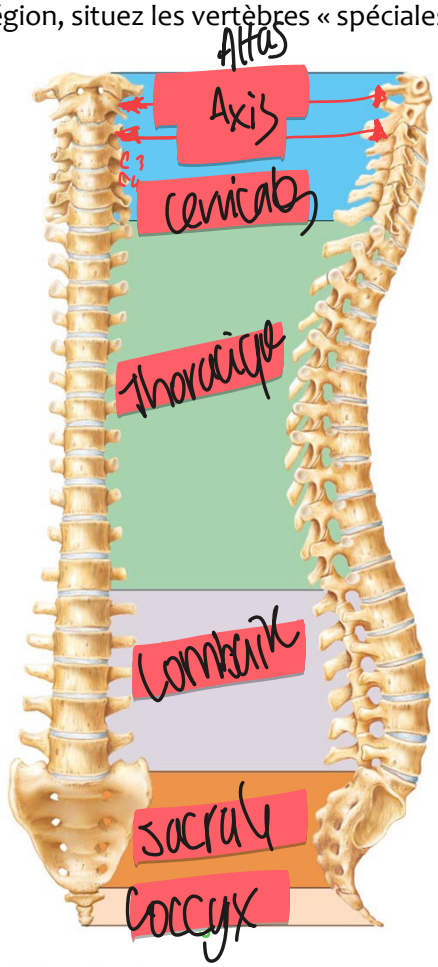
Réflexes vérifiés à des fins diagnostiques

Réflexe	Stimulus	Nerf afférent	Segment spinal	Nerf efférent	Réponse normale
Réflexe cutané abdominal	Léger frottement de la peau de l'abdomen	Nerfs thoraciques	T_7 à T_{12} au niveau de l'arrivée	Nerfs thoraciques	Contraction des muscles abdominaux déplaçant l'ombilic en direction du stimulus
Réflexe plantaire	Grattement longitudinal de la partie latérale de la plante du pied	Nerf tibial	S_1 et S_2	Nerf tibial	Flexion des orteils
Réflexe bicipital	Percussion du tendon du muscle biceps brachial près de son point d'insertion	Nerf musculocutané	C_5 et C_6	Nerf musculocutané	Flexion du coude
Réflexe olécrânien	Percussion du tendon du muscle triceps brachial près de son point d'insertion	Nerf radial	C_6 et C_7	Nerf radial	Extension du coude
Réflexe brachioradial	Percussion de l'avant-bras près du processus styloïde du radius	Nerf radial	C_5 et C_6	Nerf radial	Flexion du coude, supination et flexion des doigts
Réflexe patellaire	Percussion du tendon patellaire	Nerf fémoral	L_2 à L_4	Nerf fémoral	Extension du genou
Réflexe achilléen	Percussion du tendon d'Achille	Nerf tibial	S_1 et S_2	Nerf tibial	Extension de la cheville (flexion plantaire)

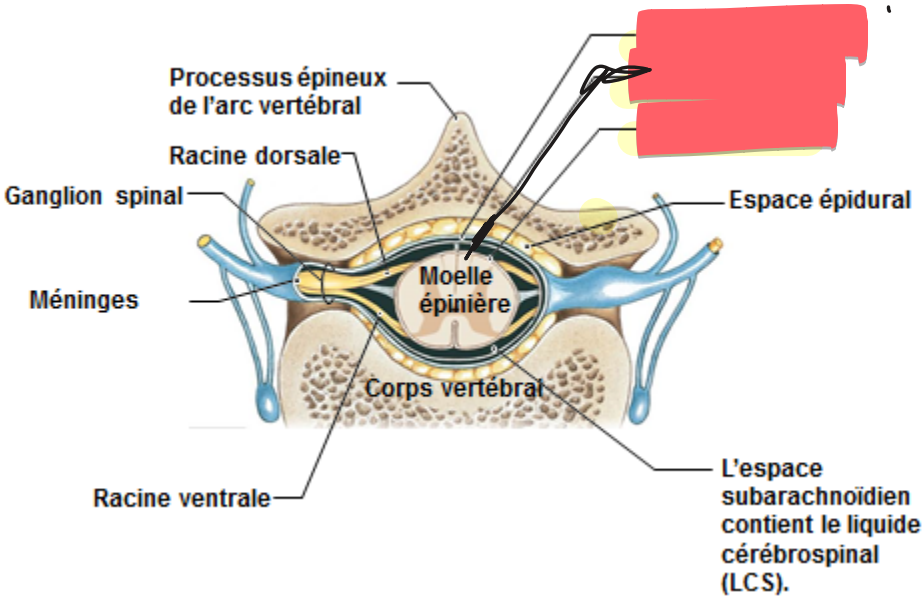
Tiré de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.187

Made with Goodnotes

Exercice : Identifiez les régions de la colonne vertébrale. Placez également le nombre de vertèbres dans chaque région, situez les vertèbres « spéciales » atlas et axis.



Tirée d'«Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.408

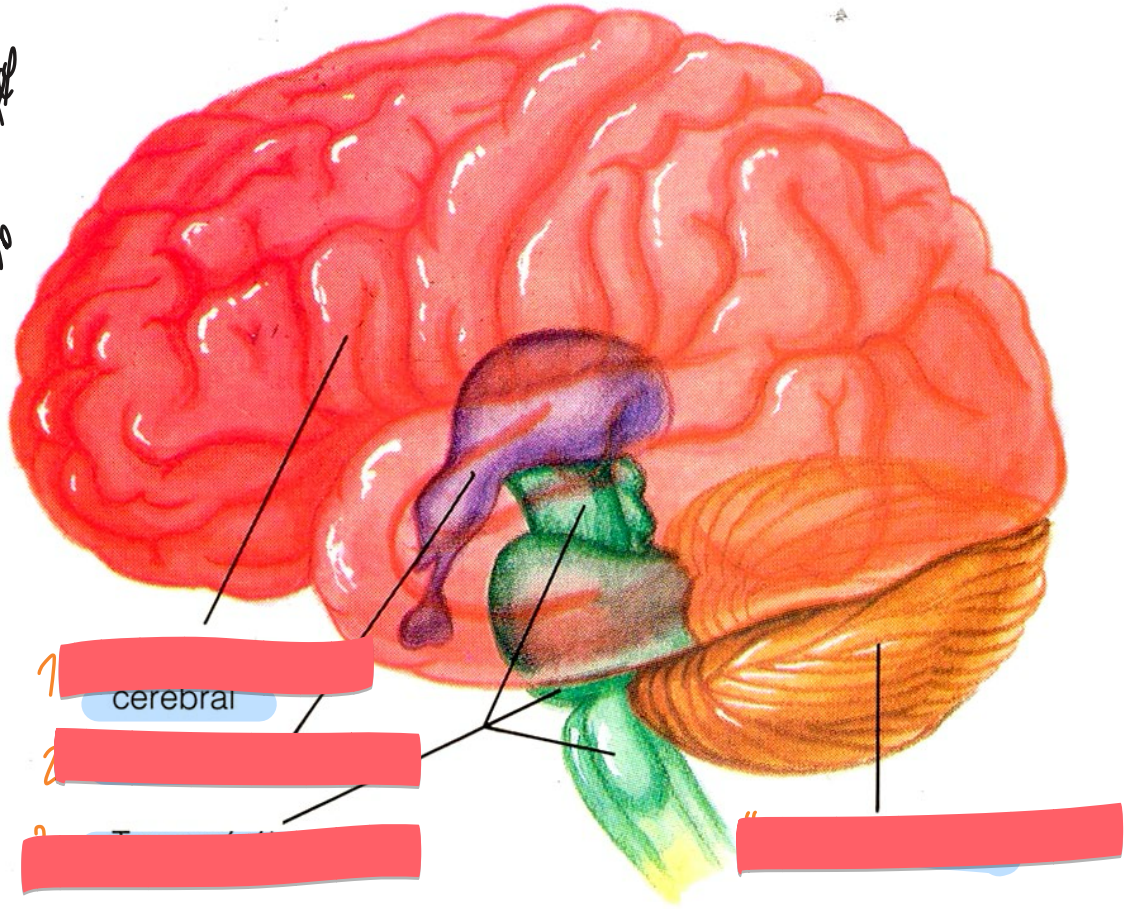


Tirée de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.178

Made with Goodnotes

Caractéristiques générales de l'encéphale : On observe que la masse relative de l'encéphale au poids corporel augmente avec l'évolution dans le règne Animal. On note également une compartimentation des fonctions. Finalement on observe un développement de plus en plus important des hémisphères cérébraux et particulièrement de la surface corticale (lieu des synapses et donc de l'intégration).

L'encéphale humain : composé des deux hémisphères, du diencéphale, du tronc cérébral et du cervelet.

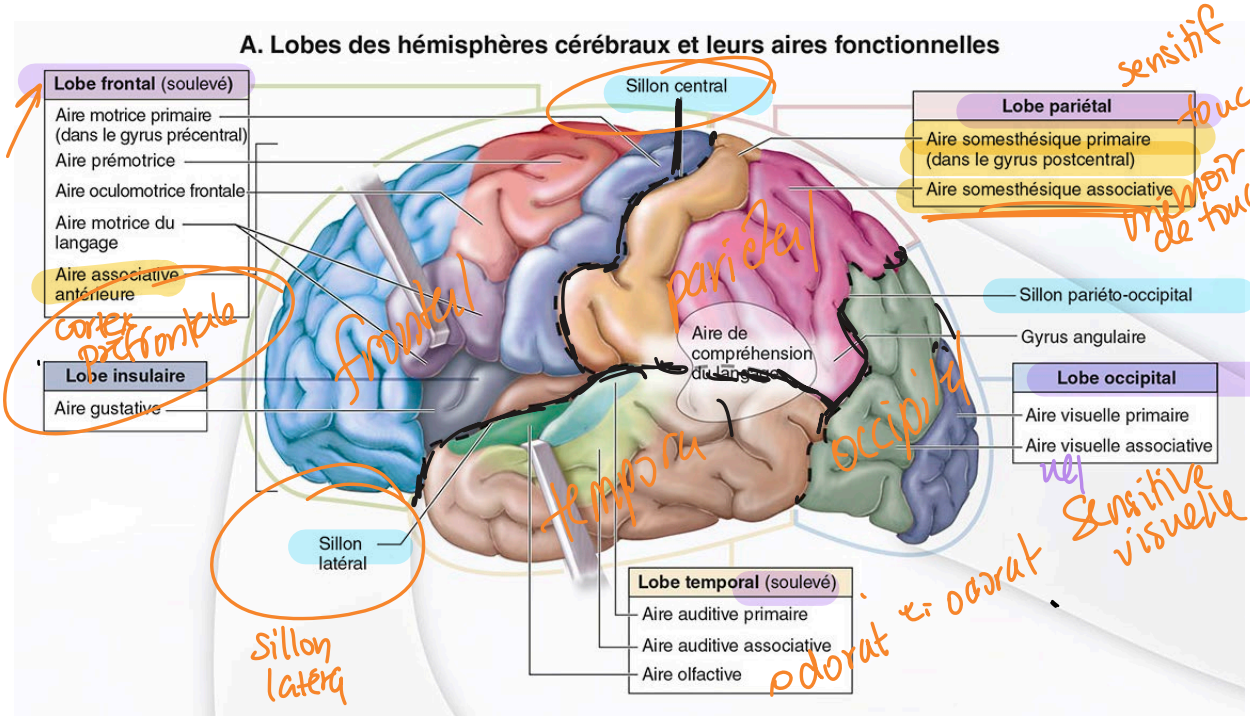


Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.408

1) **Les hémisphères cérébraux :** Partie supérieure de l'encéphale, les hémisphères contiennent la matière grise périphérique (le cortex) et la matière blanche centrale.

Made with Goodnotes

Le **cortex** des hémisphères cérébraux est subdivisé en plusieurs lobes :



Tirée d'Anatomie et physiologie, Mc Kinley, 2019, p. 574

Quelques aires corticales sont particulièrement intéressantes :

a) **Aires corticales motrices :** elles sont situées devant le sillon central.

- **Aire motrice primaire :** Lieu de contrôle des mouvements volontaires. Motricité croisée (le demi corps gauche est contrôlé dans l'hémisphère droit et vice-versa). Plus la représentation corticale augmente, plus le contrôle est précis. La lésion entraîne la paralysie spastique.

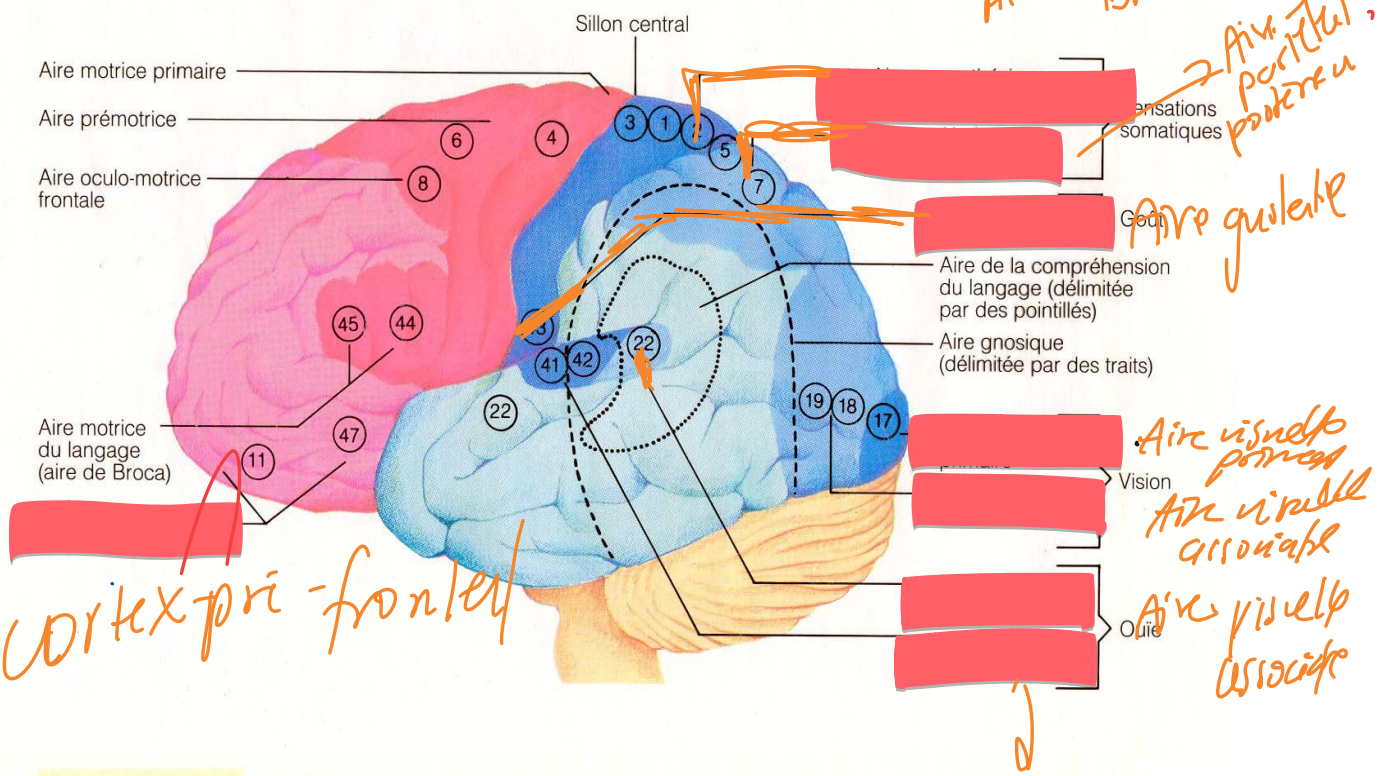
- **Aire prémotrice :** Aire de mémorisation des activités motrices répétitives

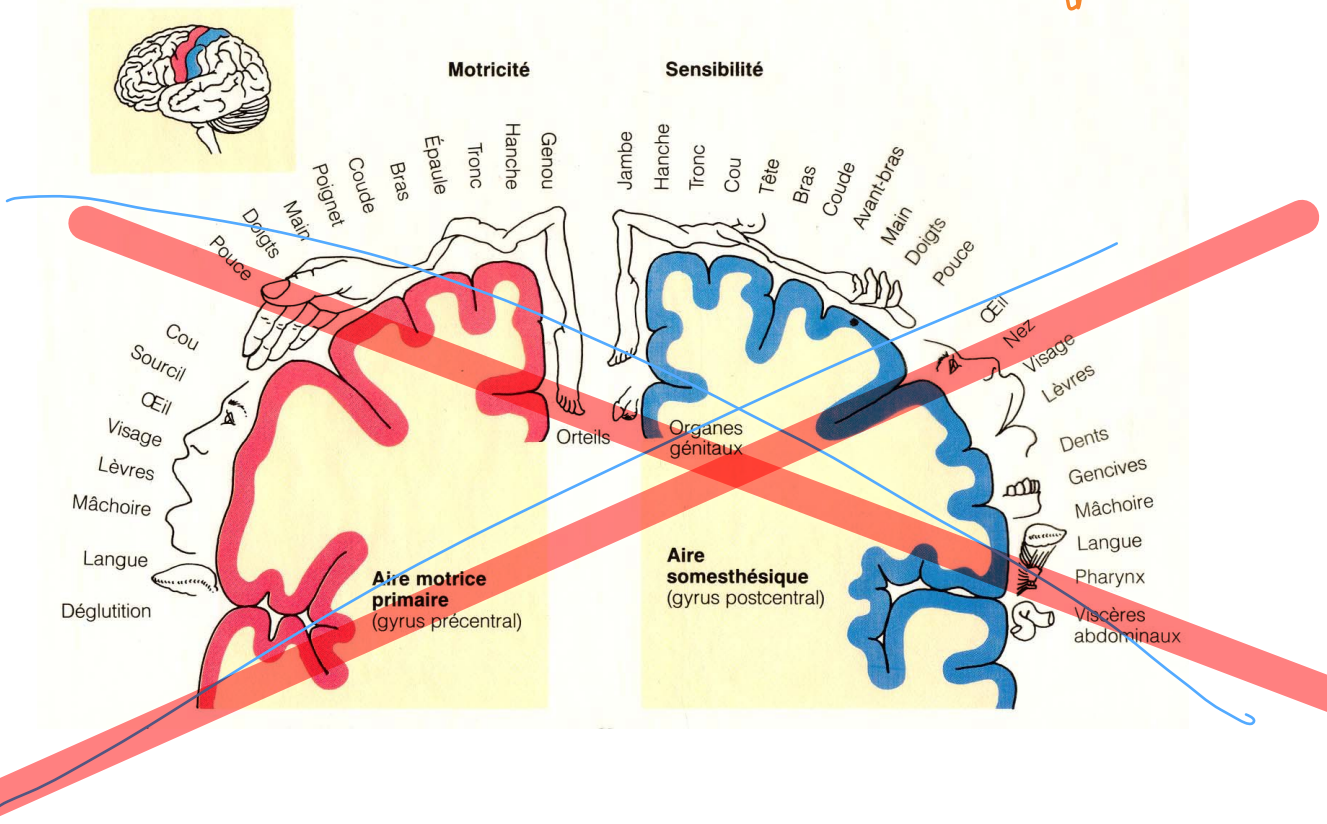
b) **Aires corticales sensitives :** elles sont situées derrière le sillon central.

- **Aire somesthésique primaire :** Lieu de réception des informations somatiques (du toucher). Sensation croisée (les informations du demi gauche sont interprétées dans l'hémisphère droit et vice-versa). Plus la représentation corticale augmente, plus la sensibilité est précise. La lésion entraîne la perte de sensation.

- **Aire pariétale postérieure (ou aire somesthésique associative) :** Aire de mémorisation des sensations somatiques (souvenir sensoriel du toucher)

Made with Goodnotes





Tirées de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1993, p.386,387

Made with Goodnotes

2) **Le diencéphale : région située au cœur des deux hémisphères et entre l'épiphyse et l'hypophyse.**

Le diencéphale se subdivise en trois parties :

Entre 2 parties contient 3 parties

épithalamus thalamus hypothalamus

Porte d'entrée, répartiteur des influx nerveux

a) **Le thalamus :** porte d'entrée des influx nerveux qui sont alors distribués aux bonnes régions corticales. Le thalamus contient le troisième ventricule.

3ème ventricule

Distribue les infos nerveuses aux bonnes régions corticales

b) **L'hypothalamus :** l'hypothalamus travaille en relation étroite avec la glande hypophysaire ; il est un centre de contrôle pour :

Il travaille avec hypophyse

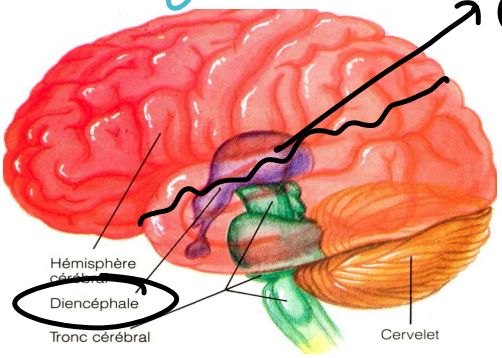
Émotions (Plaisir)

- Les réactions émotionnelles (centre du plaisir);
- La régulation du SNA; système nerveux autonome
- La régulation de la température corporelle; Température corporelle
- La régulation hydrique (soif, libération d'hormone antidiurétique);
- Centre de la faim et de la satiété; faim/satiété
- Régulation du cycle éveil/sommeil (en équipe avec l'épithalamus).

Sommeil ↕ → mélatonine

c) **L'épithalamus :** régule le cycle éveil-sommeil et les autres cycles circadiens (le corps pinéal est son extrémité postérieure).

Horloge biologique



diencéphale ------> entre Hémisphère et entre épiphyse et hypophyse

localisation

Made with Goodnotes

Biologie

diencéphale entre 2 hémisphère entre épiphyse et hypophyse

Thalamus Porte d'entrée

→ centre de con

Diencéphale : entre 2 hémisphères entre épiphyse et hypophyse

3ème ventricule

Thalamus : "Porte d'entrée"

Trieur distribue les messages

Fonction :
Distribue les infos nerveuses aux bonnes régions corticales

Localisation :
3ème ventricule

Homeostasie → Équilibre du corps

Hypothalamus : Centre de contrôle

Travaille avec hypophyse

Fonctions :

- Émotions - - -> Plaisir
- SNA - - -> Système nerveux autonome
- Température corporelle
- Équilibre hydrique (soif + hormone antidiurétique)
- Faim / satiété
- Sommeil (Avec épithalamus)

Émotions SNA hydrique Faim/satiété Sommeil Température corporelle épithalamus horloge biologique

Épithalamus :
éveil / sommeil
Horloge biologique
· Fonction unique · Régule cycle éveil-sommeil

- Structure : corps pinéal (glande pinéale) = mélanine mélatonine

Diencéphale : centre de commandement du cerveau

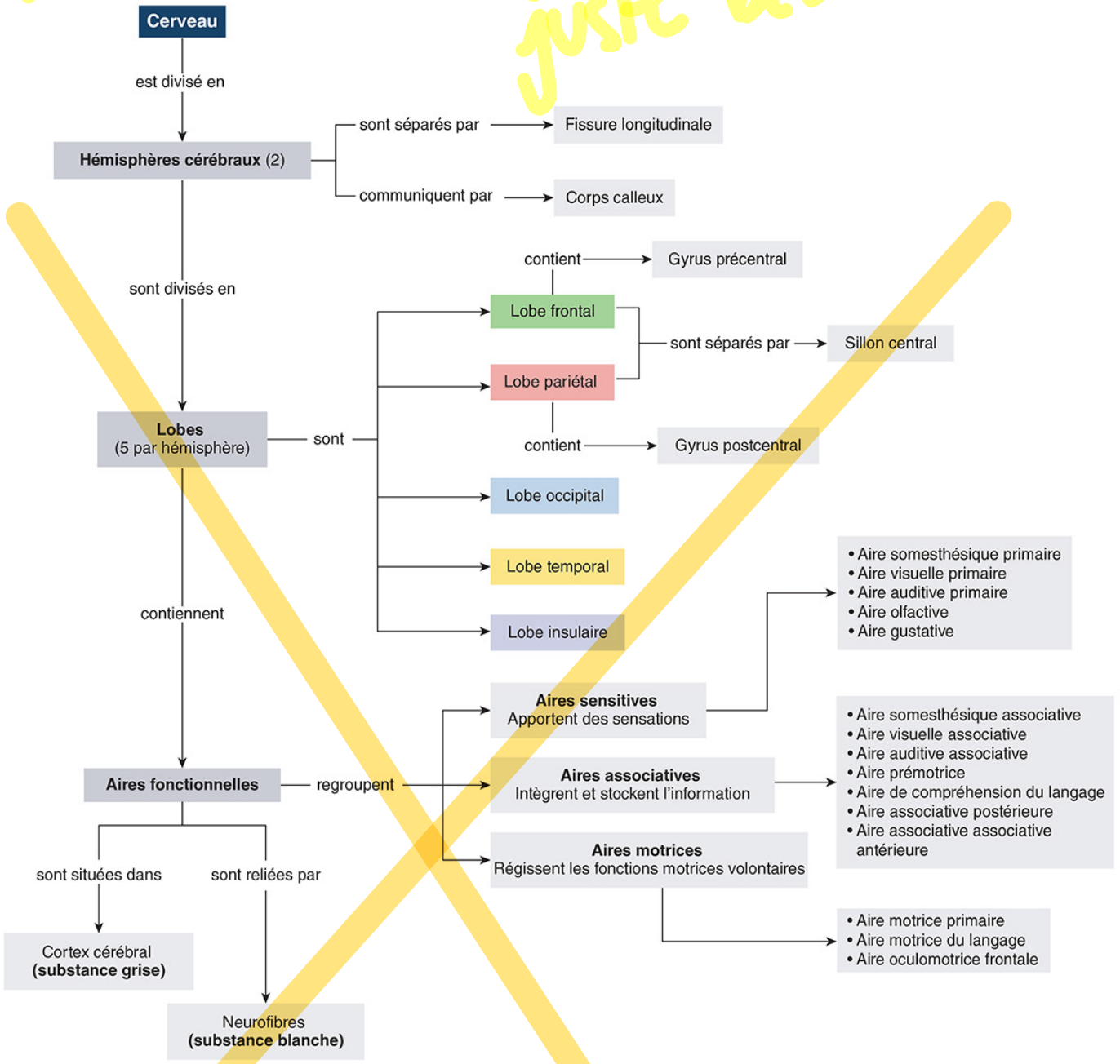
Thalamus : standaard téléphonique

Hypothalamus

Épithalamus → horloge biologique (dernière)

Made with Goodnotes

Schéma de concepts ; Retour sur le cerveau :



Tiré d'Anatomie et physiologie humaines, Mc Kinley,2024, p. 575

Made with Goodnotes

cerveau ↔ moelle épinière

3) **Le tronc cérébral : région située devant le cervelet, elle relie le cerveau à la moelle épinière.**

Le tronc cérébral se subdivise en trois régions qui assument différentes fonctions :

Contrôleur des réflexes

a) **Le mésencéphale :** contient des noyaux spécialisés dans le contrôle de divers réflexes. Ex: Tourner la tête vers un bruit

Centre respiratoire

b) **Le pont :** contient certains centres respiratoires et participe donc à l'établissement de la fréquence de base des ventilations (eupnée).

Établit le rythme respiratoire

c) **Le bulbe rachidien :** lieu du croisement des faisceaux nerveux, le bulbe rachidien est un centre respiratoire, il régule également les variations de la fréquence cardiaque et contrôle certains réflexes (toux, éternuement, déglutition, vomissement)

→ réflexes vitaux

toux

Respiration, coeur fréquence cardiaque

4) **Le cervelet :** le cervelet a une activité subconsciente qui permet de comparer les intentions du cerveau aux mouvements effectués par le corps et d'entreprendre les corrections nécessaires pour obtenir un mouvement harmonieux et maintenir l'équilibre.

Ajustement de mouvement

Coordinateur

Équilibre + coordination + harmonie

Exemple : Marcher sur un terrain accidenté sans perdre l'équilibre.

- Corrige automatiquement pour un mouvement fluide
- Compare les intensions vs mouvement réels

5) **Le système limbique :** il est formé par un groupe de structures du diencéphale. Il n'est donc pas localisé dans une structure anatomique distincte. On l'appelle le cerveau émotionnel ou affectif puisqu'il joue un rôle central dans le développement de nombreuses émotions/souvenirs affectifs. Si les odeurs suscitent des réactions émotionnelles et rappellent des souvenirs, c'est qu'une grande partie du système limbique trouve son origine dans le rhinencéphale (l'encéphale olfactif primitif).

Sentiment ↔ mémoire

- Ø structure unique mais un groupe de structure
- Lien entre odeurs → émotions → souvenirs

Made with Goodnotes

Tronc cérébral

région
→ situé devant le cervelet

↙

mésencéphale : contrôleurs des reflexes
tourner la tête vers → bruit

Pont : Etablit le rythme respiratoire

Bulbe rachidien → Reflexe vitaux
faux,
Respiration, coeur, fréquence cardiaque

Cervelet → coordinateur

Made with Goodnotes

Les sens

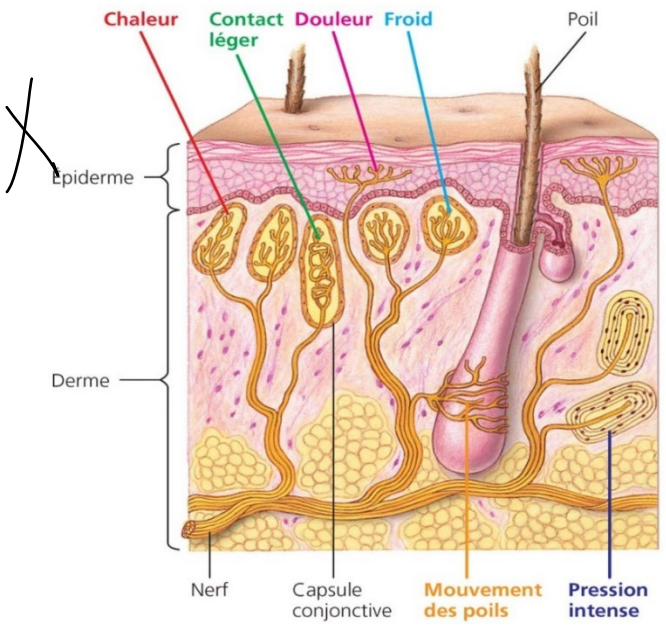
Les sens sont les moyens par lesquels les animaux reçoivent les signaux en provenance de l'intérieur ou de l'extérieur de leur corps. **Les systèmes sensoriels** sont composés de neurones sensoriels, de nerfs et de régions cérébrales particulières.

Les **récepteurs** captent les **stimuli** de différentes natures pour permettre la transformation du signal stimulant en influx nerveux. Parmi les récepteurs on retrouve :

- Des **mécanorécepteurs** qui détectent les stimulations mécaniques.
- Des **nocicepteurs** qui sont les récepteurs de la douleur (la stimulation peut être une variation de température extrême, une forte pression ou même certaines substances chimiques).
- Des **thermorécepteurs** qui détectent les variations de température.
- Des **chimiorécepteurs** qui détectent la présence de certaines molécules chimiques.
- Des **photorécepteurs** qui détectent différentes longueurs d'ondes de la lumière.

La figure du «petit homme» vue avec l'aire somesthésique primaire nous permet d'aborder dans un premier temps **les sensations en provenance de la peau.**

Types de récepteurs sensoriels de la peau



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.1140

Chez l'humain, des sensations de toucher, de pression, de froid, de chaleur et de douleur peuvent être engendrés par des stimuli agissant près de la surface du corps. Plus la région corporelle possède une grande densité de récepteurs plus elle sera sensible aux diverses stimulations.

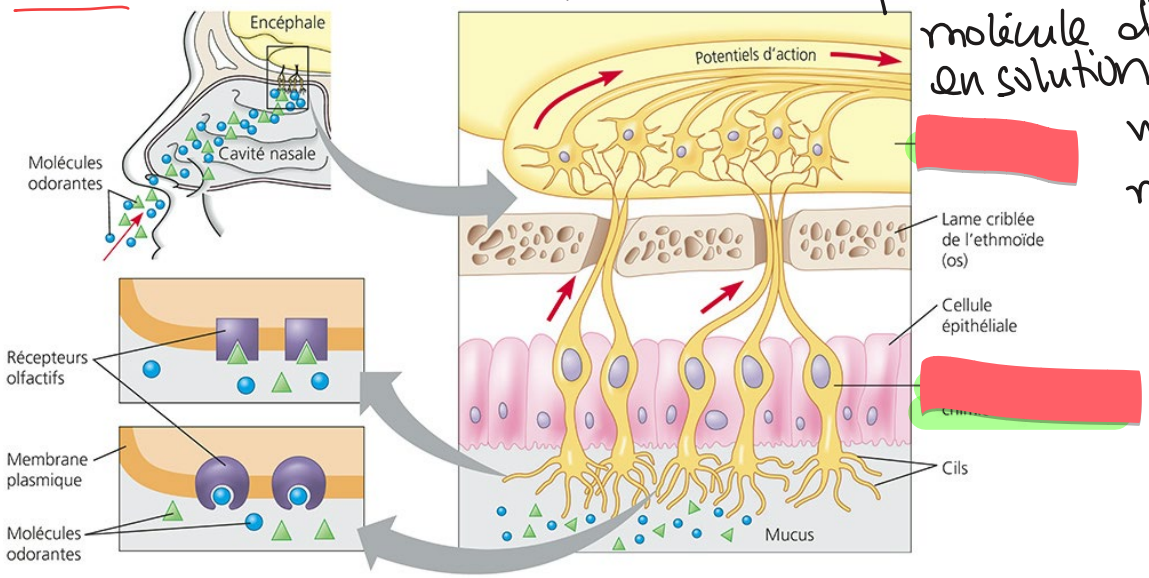
Made with Goodnotes

détectent certaines molécules chimiques

Les sens de l'odorat et du goût dépendant de récepteurs sensible aux molécule chimique : les chimio récepteurs

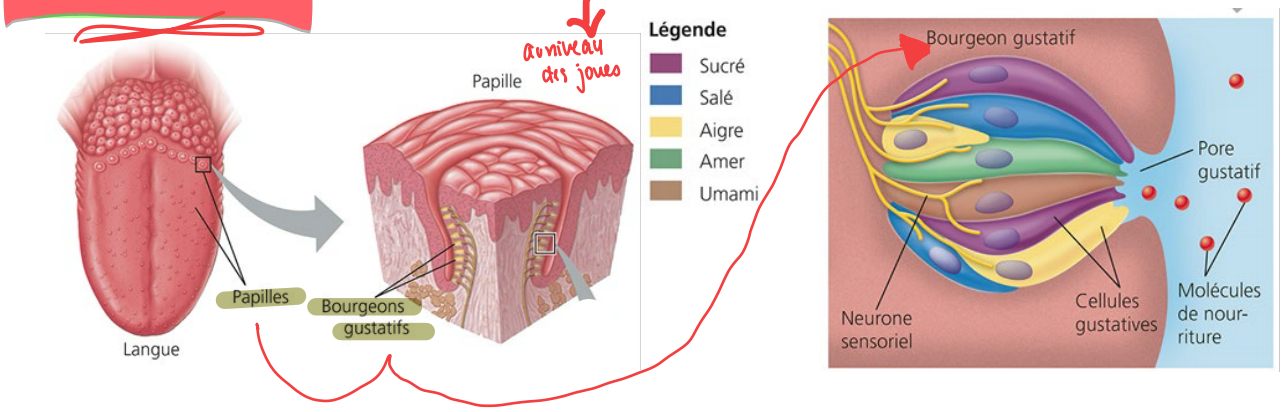
Les sens d[redacted]dent de récepteurs sensibles aux molécules chimiques: les chimiorécepteurs.

La muqueuse du nez contient les récepteurs olfactifs qui détectent les molécules d'odeur en solution dans le mucus nasal. → récepteur olfactif qui détectent les molécule d'odeur en solution dans le mucus nasal



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1276

Chez l'humain c'est la gorge, la bouche et plus particulièrement la langue qui contiennent les récepteurs gustatifs. Ces chimiorécepteurs se regroupent dans [redacted] détectent cinq sensations gustatives primaires (le sucré, l'aigre, le salé, l'amer et l'umami) qui sont acheminées via les nerfs vagues, faciaux et glosso-pharyngiens à l'air[redacted]



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1275

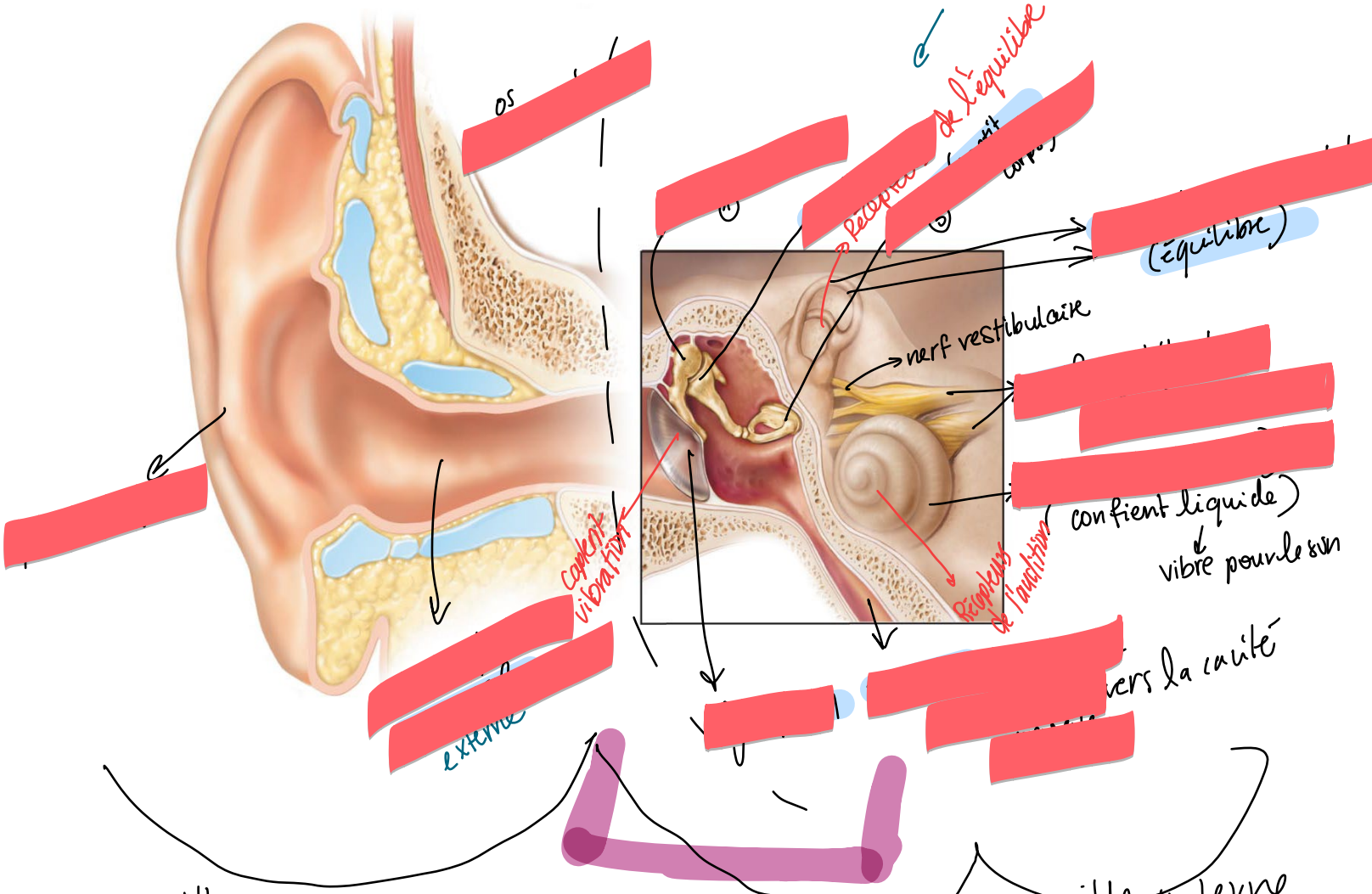
Made with Goodnotes

Les sens de **l'équilibre** et de l'**ouïe** reposent sur la stimulation de mécanorécepteurs situés dans l'oreille interne. Ces mécanorécepteurs sont stimulés lorsque les liquides dans lequel ils baignent sont agités. Des mécanorécepteurs différents sont respectivement associés à chacun de ces deux types de perceptions (c'est pourquoi des gens sourds peuvent conserver leur équilibre).

Les vibrations créées par les ondes sonores stimulent les mécanorécepteurs de l'audition qui acheminent alors des influx nerveux au cortex cérébral (aire auditive primaire) via les nerfs cochléaires ; une ramification des nerfs vestibulo-cochléaires.

Les mouvements du corps et plus particulièrement ceux de la tête entrainent des mouvements du liquide interne de l'oreille, cela stimule les mécanorécepteurs de l'appareil vestibulaire. Ceux-ci produisent alors un influx nerveux qui sera acheminé au cerveau via les nerfs vestibulaires (une ramification du nerf vestibulo-cochléaire).

Anatomie de l'oreille

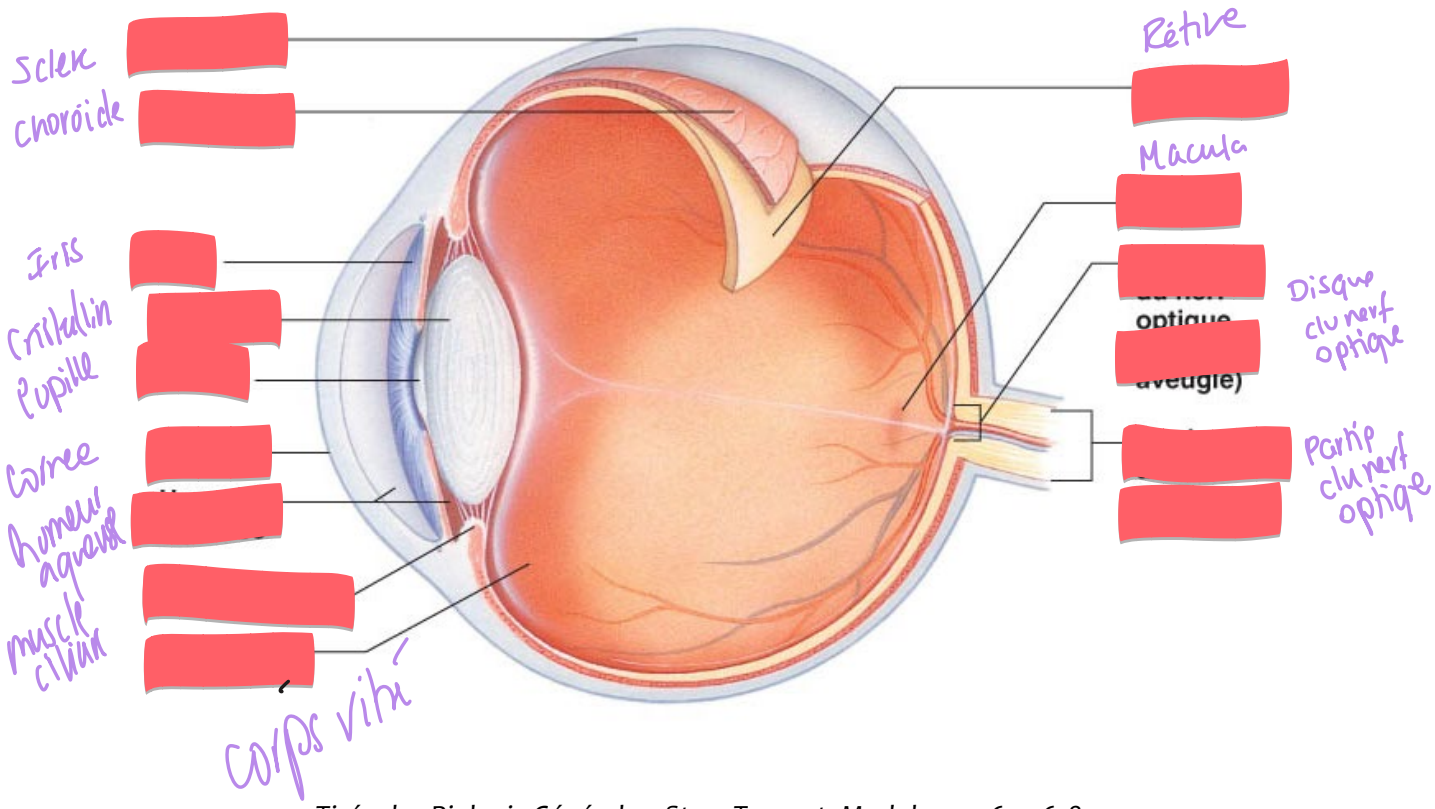


Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1264

Made with Goodnotes

Le dernier sens qui fera l'objet de notre étude est celui de la vue. Tous les vivants sont sensibles à la lumière. Chez l'humain c'est l'œil qui est l'organe qui contient les photorécepteurs sensibles aux longueurs d'ondes. L'œil s'associe au nerf optique afin d'acheminer les informations visuelles au cortex cérébral.

Anatomie de l'œil



Tirée de «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.618

L'œil se compose donc de différentes parties toutes essentielles au bon fonctionnement et à la transformation de la stimulation visuelle en influx nerveux.

Rôles des structures de l'œil :

- La tunique externe fibreuse (sclère + cornée) :

  La sclère protège le globe oculaire et la cornée fait converger la lumière. La sclère antérieure est recouverte de la conjonctive bulbaire. La conjonctive bulbaire se prolonge en conjonctive palpébrale pour former le cul-de-sac conjonctival. Ainsi, les particules sur la surface de l'œil sont ultimement acheminées à la caroncule.

- La tunique moyenne vasculaire (choroïde, corps ciliaire, iris et pupille) :

  La choroïde contient les vaisseaux sanguins et les pigments qui absorbent (stoppent) le « reste » de la lumière. L'iris est un muscle lisse circulaire et pigmenté qui contrôle la quantité de lumière qui passe par la pupille. Le corps ciliaire est un muscle qui retient et étire le cristallin selon les besoins.

Made with Goodnotes

- La tunique interne sensorielle (rétine, macula et début du nerf optique) :

  La rétine contient les photorécepteurs. La macula est la région la plus dense en photorécepteurs alors que le début du nerf optique crée une zone dépourvue de photorécepteurs.

- Cristallin :

  Lentille formée de plusieurs couches de protéines transparentes pour faire converger la lumière sur les photorécepteurs.

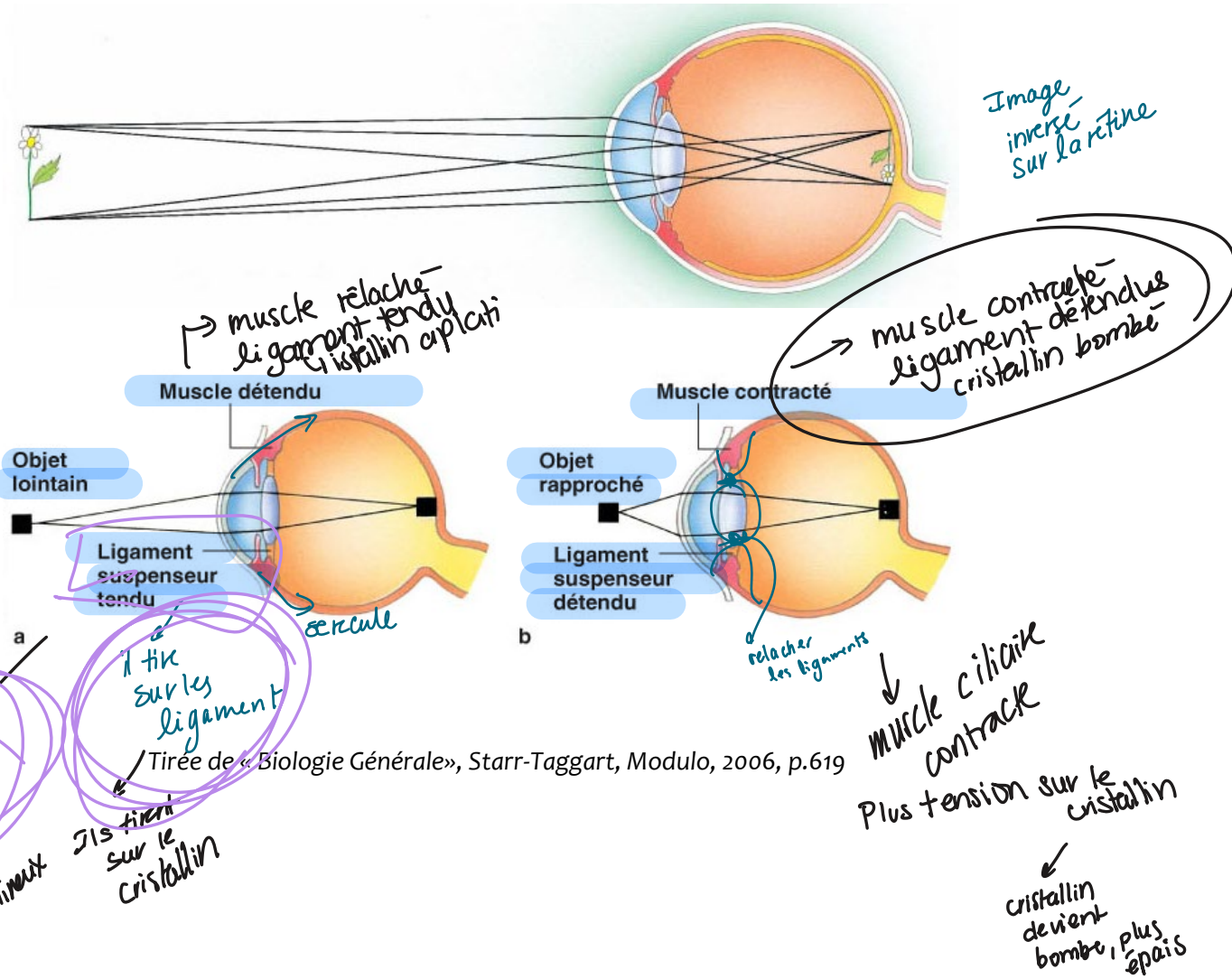
- Humeur aqueuse :

  Liquide clair et transparent devant le cristallin. Ce liquide est produit par filtration du plasma sanguin et le surplus est évacué via le sinus veineux de la sclère.

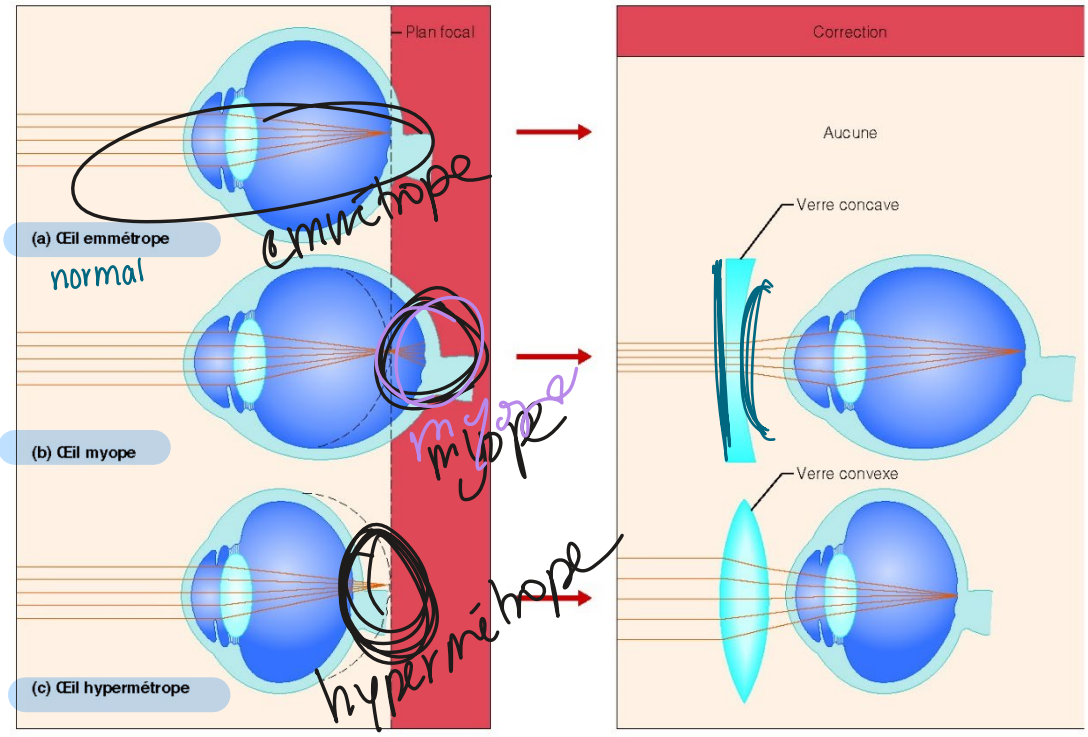
- Corps vitré :

  Substance gélatineuse claire et transparente derrière le cristallin. Cette substance se forme dans l'embryon et dure toute la vie.

La vision

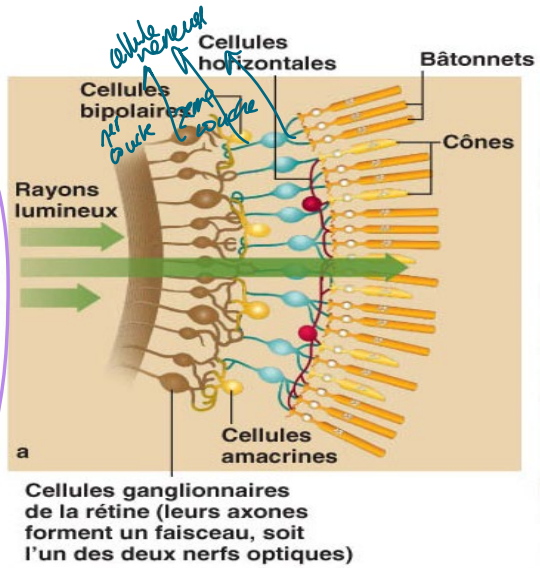


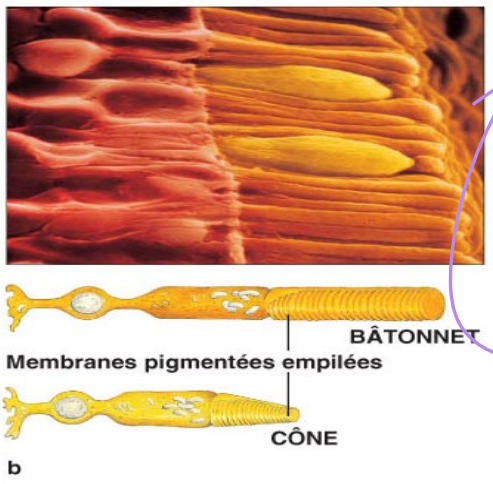
Tirée de « Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.619



Tirée d'Anatomie et Physiologie humaines, 2005, p.590

Il existe deux types de photorécepteurs : les **cônes et les bâtonnets** qui se retrouvent dans la rétine de l'œil. Les bâtonnets sont plus sensibles à la lumière ; ils permettent la vision nocturne. Alors que les cônes, moins sensibles à la lumière, sont responsables de la détection des couleurs et de la précision des images diurnes.





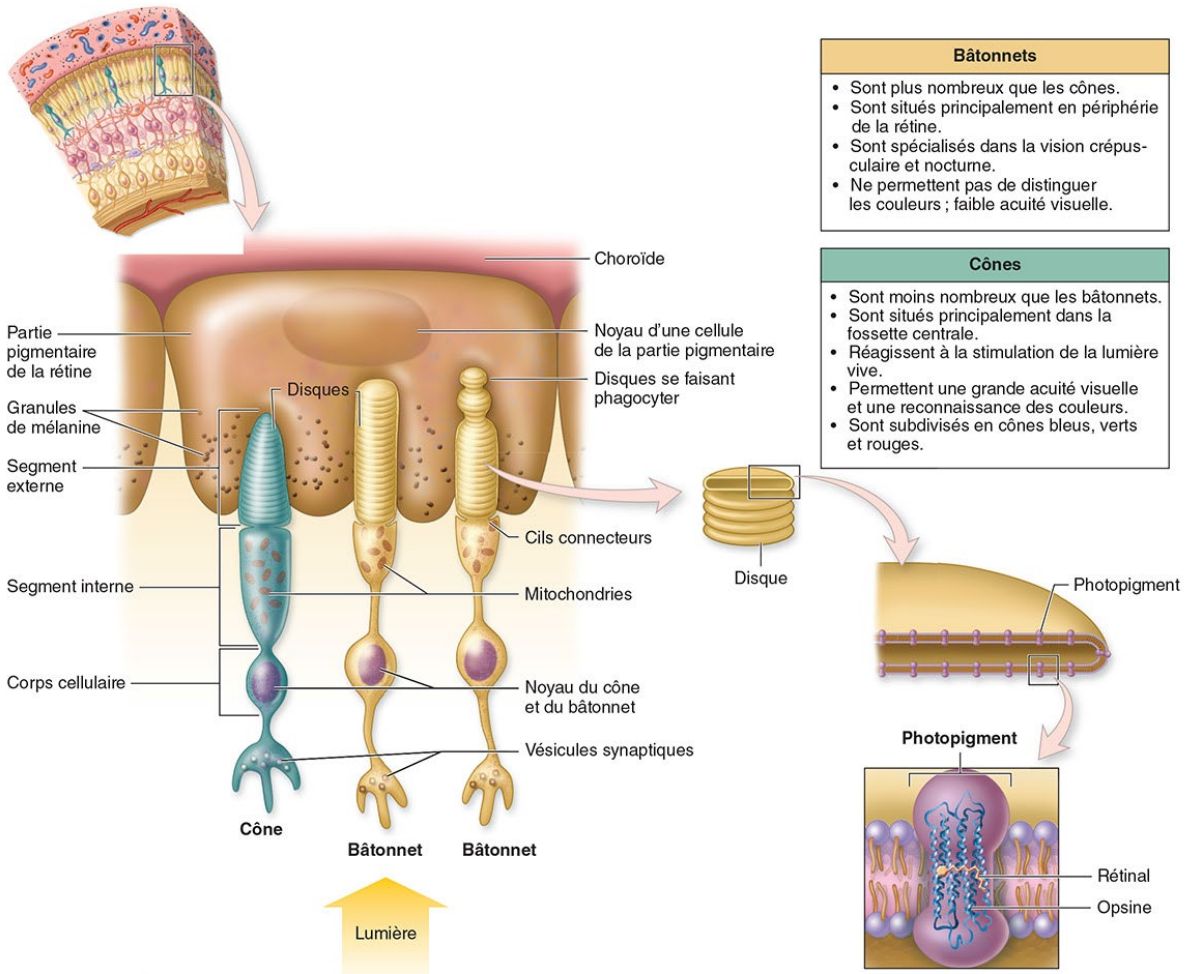
Tirée de « Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.620

Made with Goodnotes

Connaître la comparaison entre bâtonnet et cônes

Comparaison entre les cônes et les bâtonnets.

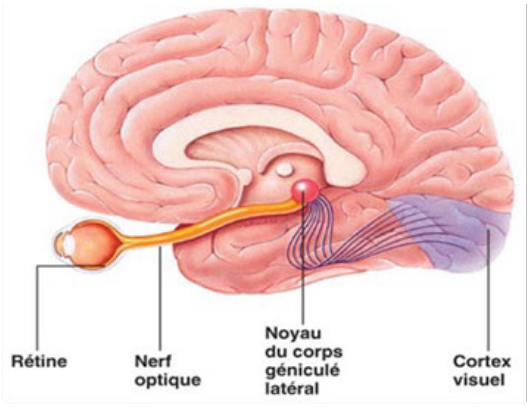
BÂTONNETS	CÔNES
Aucune vision des couleurs (vision scotopique)	Vision des couleurs (vision photopique)
Un seul pigment visuel (rhodopsine)	Trois pigments visuels (variétés d'opsine)
Très sensibles, réagissent à la lumière faible	Peu sensibles, réagissent à la lumière intense
Faible acuité (plusieurs bâtonnets convergent sur une même cellule ganglionnaire)	Acuité élevée (un cône pour chaque cellule ganglionnaire dans la fossette centrale)
Plus nombreux (20 bâtonnets pour chaque cône)	Moins nombreux
Situés surtout en périphérie de la rétine	Situés surtout au centre de la rétine



Tirée de McKinley, Anatomie et physiologie, 2014, p. 744

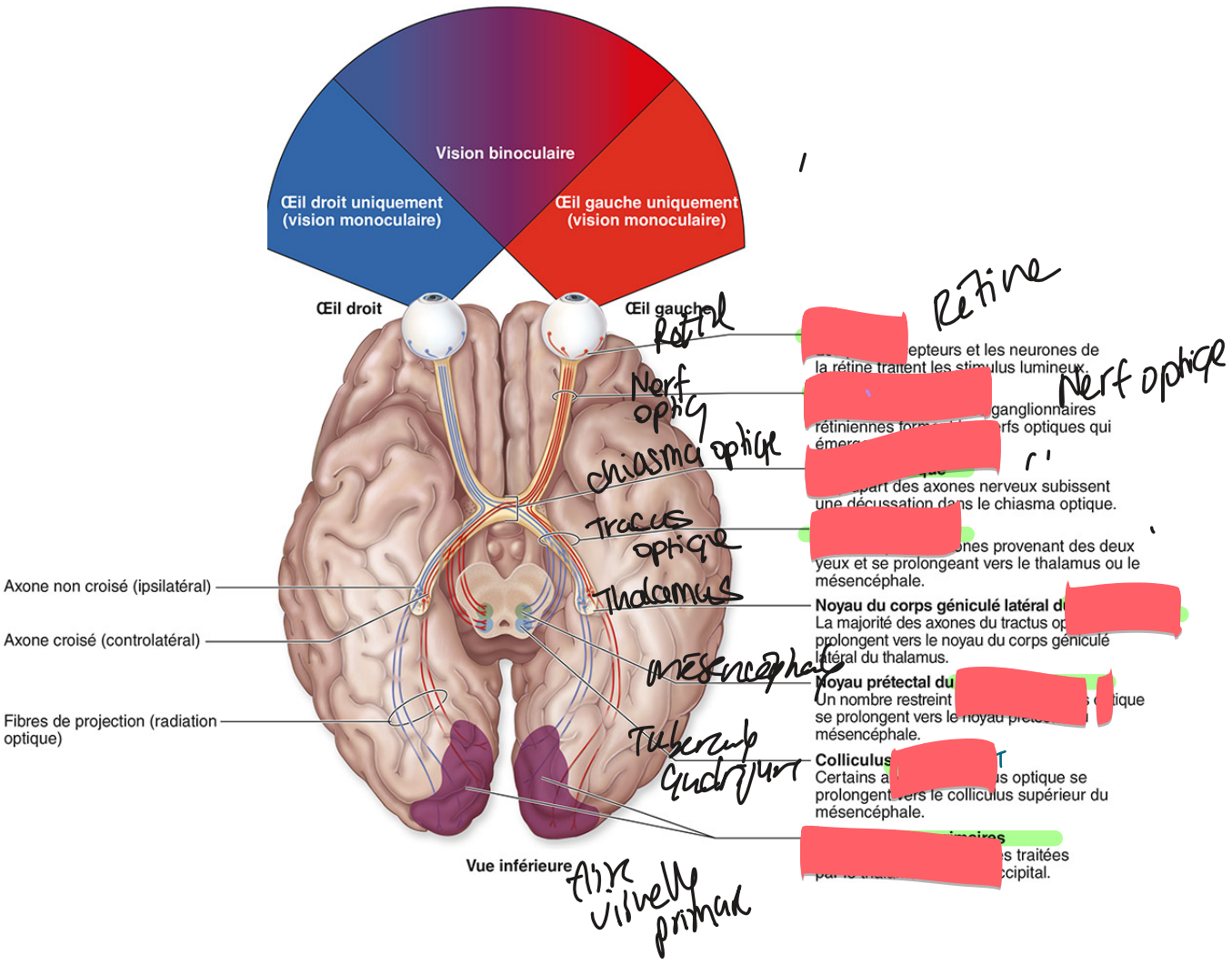
Made with Goodnotes

Ces photorécepteurs produisent des influx nerveux qui sont acheminés au cortex visuel. C'est dans le cortex visuel que l'on produit puis interprète une image en trois dimensions (grâce à l'intégration des images produites par les deux yeux).



Tirée de « Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.621

Voies visuelles :



Tirée de McKinley, Anatomie et physiologie, 2014, p. 750

Made with Goodnotes

À la suite du traitement **thalamique** les signaux des yeux sont transmis précisément aux aires visuelles. Comme nous l'avons vu dans notre étude du cortex cérébral **l'aire visuelle primaire et l'aire visuelle associative** sont toutes deux essentielles à la perception et l'interprétation de l'image.

On observe ici que les axones des cellules ganglionnaires qui proviennent de la région médiane de la rétine se croisent dans le chiasma optique, puis forment les tractus optiques qui se prolongent latéralement jusqu'à l'encéphale. Les axones des cellules ganglionnaires qui proviennent de la partie latérale de la rétine, quant à eux, demeurent du même côté, ils ne se croisent pas avant d'atteindre l'encéphale

La perte d'un œil ou une lésion au nerf optique d'un œil entraine la perte de la vision stéréoscopique et de la vision périphérique du côté **homolatéral**. Par contre, une lésion **au-delà du chiasma optique** (dans le tractus optique, le thalamus ou une aire visuelle) entraine une perte **dans le champ visuel opposé**.

Les voies optiques (résumé) :

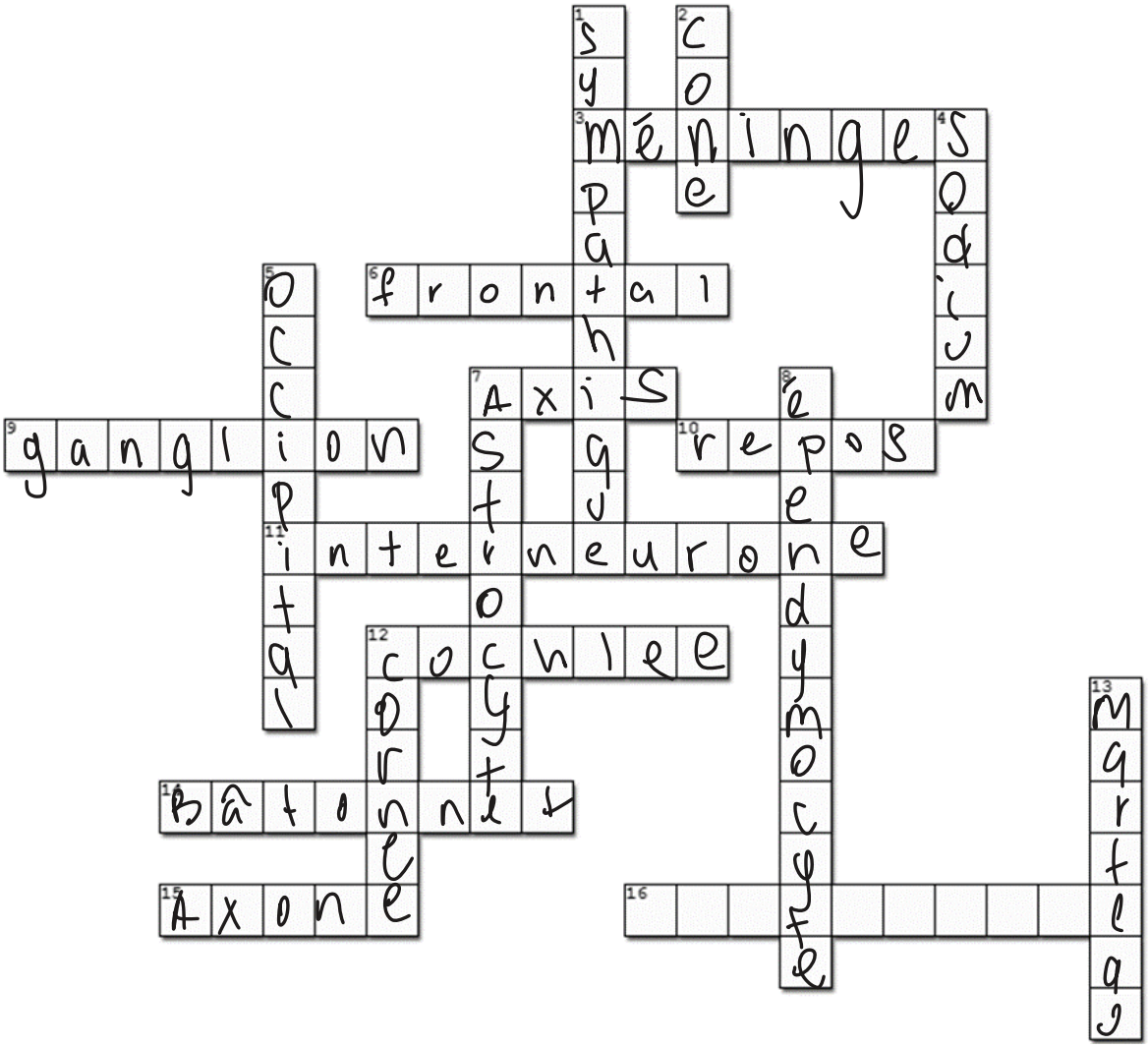
- Phototransduction de la lumière en influx nerveux via les photorécepteurs et les neurones de la rétine.
- Les axones des cellules ganglionnaires de la rétine forment les nerfs optiques qui émergent des yeux.
- La plupart des axones subissent une décussation (croisement) dans le chiasma optique.
- Certains axones du tractus optique se prolongent vers le mésencéphale. Le mésencéphale assure la coordination des mouvements réflexes des yeux, de la tête et du cou en réactions aux stimuli visuels.
- La majorité des axones du tractus optique se prolongent vers le thalamus d'où ils seront distribués vers les aires visuelles primaires droite et gauche.
- L'image à l'endroit est perçue consciemment grâce aux cortex visuels primaires et associatifs.

L'œil possède un champ visuel d'environ 170° . Les deux champs se chevauchent considérablement, ce qui permet la **vision stéréoscopique (en 3D)**.

Par opposition, de nombreux animaux (comme les pigeons) possèdent une vision panoramique.
Notre vision stéréoscopique nécessite une bonne coordination des deux yeux mais permet une excellente perception du relief. Les régions corticales des deux hémisphères participent à l'élaboration d'une seule image : C'est ce que l'on nomme **la vision binoculaire**.

Made with Goodnotes

Révision sur le système nerveux et les sens



Horizontal

3. membranes de tissu conjonctif qui protègent le SNC
6. lobe qui contient l'aire motrice primaire
7. nom de la seconde vertèbre cervicale
9. renflement d'un nerf où l'on retrouve les corps cellulaires de neurones
10. se dit de l'état du neurone dont le potentiel de membrane est à -70 mV
11. catégorie de neurones les plus abondants
12. structure de l'oreille interne associée à l'audition
14. cellule photoréceptrice impliquée dans la vision scotopique
15. prolongement du neurone où circule l'influx nerveux
16. se dit de la propagation de l'influx nerveux dans un axone myélinisé

Vertical

1. branche du SNA associée aux réactions au stress
2. cellule photoréceptrice impliquée dans la vision photopique
4. ion impliqué dans la dépolarisation du neurone
5. lobe qui contient les aires visuelles
7. cellule gliale qui forme la barrière hématoencéphalique
8. cellule gliale qui fait circuler le liquide céphalorachidien
12. lentille antérieure de l'œil
13. osselet relié au tympan

Made with Goodnotes

3. Le système endocrinien

Introduction

Notre étude de la physiologie se poursuivra par le **système endocrinien.** Ce système est le deuxième système de régulation du corps après le système nerveux. Ces deux systèmes travaillent ensemble pour maintenir l'homéostasie.

Le système endocrinien est constitué de plusieurs petites glandes distribuées partout dans l'organisme. Notre étude du système endocrinien portera sur plusieurs de ces glandes ainsi que sur les hormones produites.

Objectifs spécifiques

1) Différenciez la régulation hormonale de la régulation nerveuse.
2) Différenciez les glandes endocrines des glandes exocrines.
3) Décrivez les trois principales classes d'hormones.
4) Décrivez le rôle des hormones dans le maintien de l'homéostasie (utilisez deux exemples précis).
5) Décrivez brièvement les deux mécanismes généraux par lesquels une hormone peut engendrer un changement dans une cellule cible.
6) Situez les principales glandes endocrines du corps humain.
7) Décrivez les actions et la production des principales hormones des humains.

Made with Goodnotes

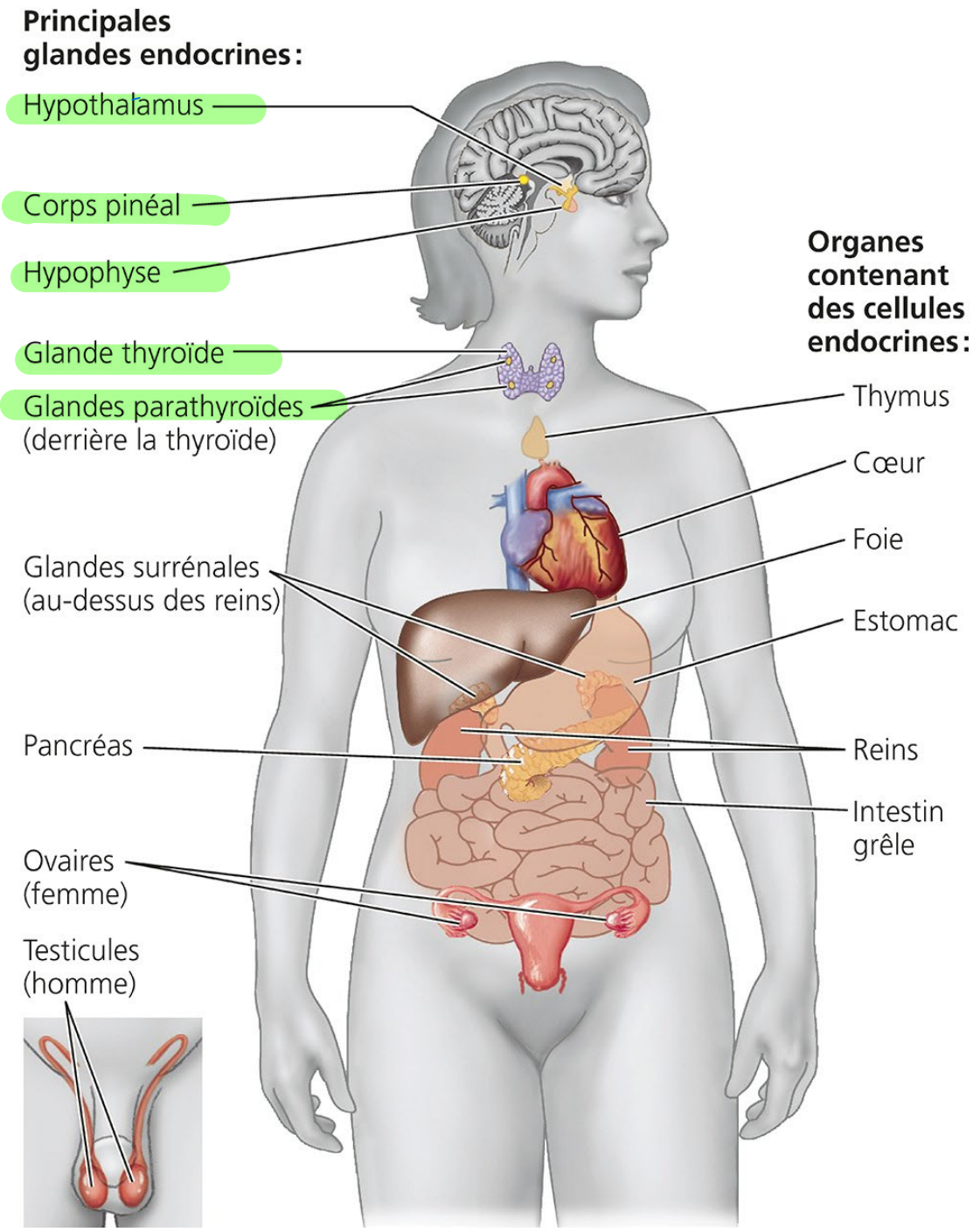
L'activité des organes spécialisés est soumise à une régulation. Les deux principaux systèmes de régulation sont les systèmes nerveux et endocrinien. Suite à notre étude du système nerveux, nous allons aborder celle du système endocrinien.

Les deux systèmes de régulation comportent certaines différences majeures :

Système endocrinien	Système nerveux
Régulation via une hormone dans le sang (qui agit sur les cellules cibles). ↳ Récepteurs	Régulation via un influx nerveux et des neurotransmetteurs.
Généralement plus lent.	Généralement plus rapide.
Généralement plus diffus.	Généralement plus local (exemple : l'acétylcholine agit pour la contraction d'un muscle précis).
Effet plus durable (en général). Exemple : lors de la puberté !	Généralement un effet de courte durée.

Made with Goodnotes

Le système endocrinien est composé de plusieurs glandes distribuées partout dans l'organisme.

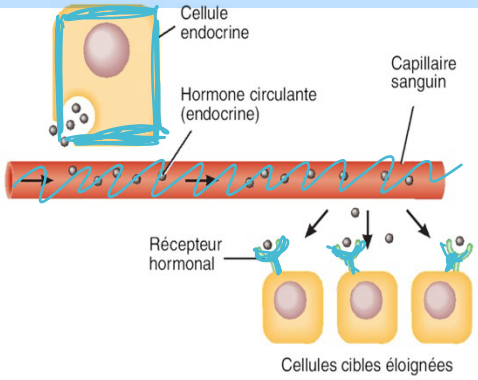


Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1133

Made with Goodnotes

Ces glandes sont des glandes endocrines (i.e. qui produisent des hormones qui seront libérées dans le sang pour aller se fixer sur les récepteurs des cellules cibles).

→ Récepteur ?



Quelques glandes assument également d'autres fonctions et quelques hormones sont sécrétées par des cellules endocrines incorporées à un organe qui n'est pas une glande.

Exemples :

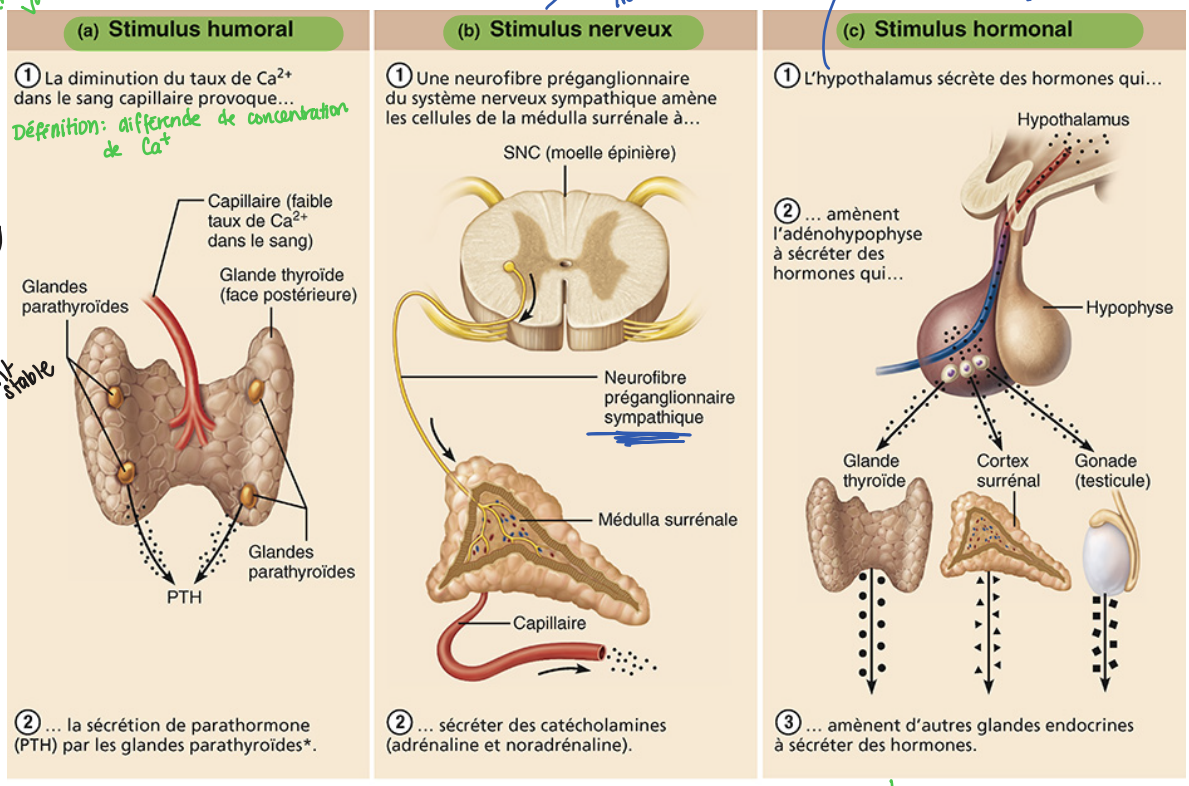
- Pancréas : Glande amphicrine, le pancréas produit des hormones et des sucs pancréatiques. (insuline)
- Gonades : Les ovaires et les testicules produisent des hormones et des gamètes

Trois types de stimuli entrainent les glandes endocrines à produire et à libérer des hormones :

* Important toujours il va demander

Exemple : Taux de calcium, Taux de glycémie

Le Stimulus : Substance dans le sang (ion ou nutriment) Réponse : la libération d'hormone par une glande But : maintenir un environnement interne stable



Tirée d'Anatomie et physiologie humaines, Marieb, 2019, p. 692

↳ Hypothalamus → hypophyse → thyroïde → surrénale

Made with Goodnotes

Il existe trois principales catégories d'hormones (déterminées selon leur structure chimique).

- **Les hormones stéroïdes :**

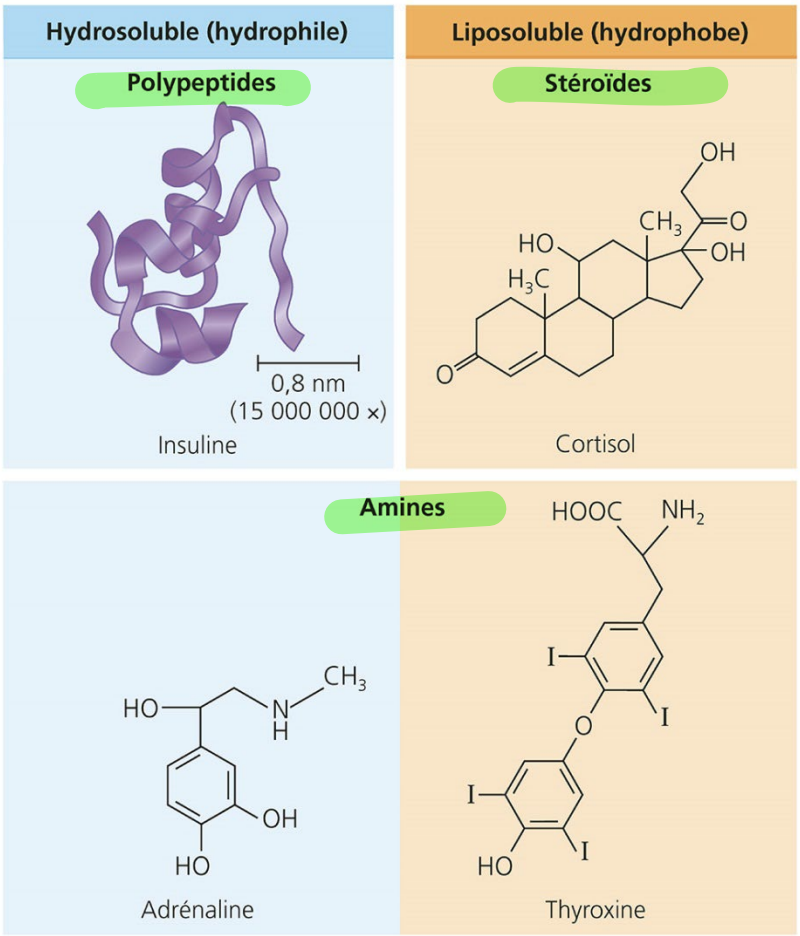
Ce sont des molécules liposolubles formées à partir du cholestérol. Ces hormones doivent s'associer à une protéine de transport pour voyager dans le sang. Par contre, les hormones stéroïdes traversent facilement les barrières de lipides que sont les membranes des cellules.

Exemples : œstrogène, progestérone et testostérone.

- **Les hormones dérivées d'acides aminés (les amines) et les polypeptides :**

Ce sont des molécules fabriquées à partir d'acides aminés ou de petits peptides modifiés. Cela permet une grande diversité de molécules. Ces hormones sont généralement hydrosolubles... donc elles voyagent seules dans le sang mais les cellules cibles doivent posséder un récepteur extracellulaire ou une protéine de transport membranaire. Certaines amines sont synthétisées à partir d'acides aminés non-polaires et sont donc liposolubles.

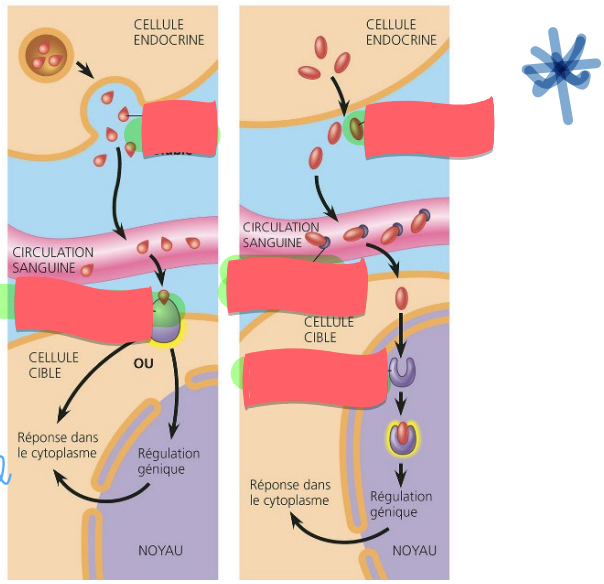
Exemples : l'adrénaline est une amine et l'insuline est une protéine.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1134

Made with Goodnotes

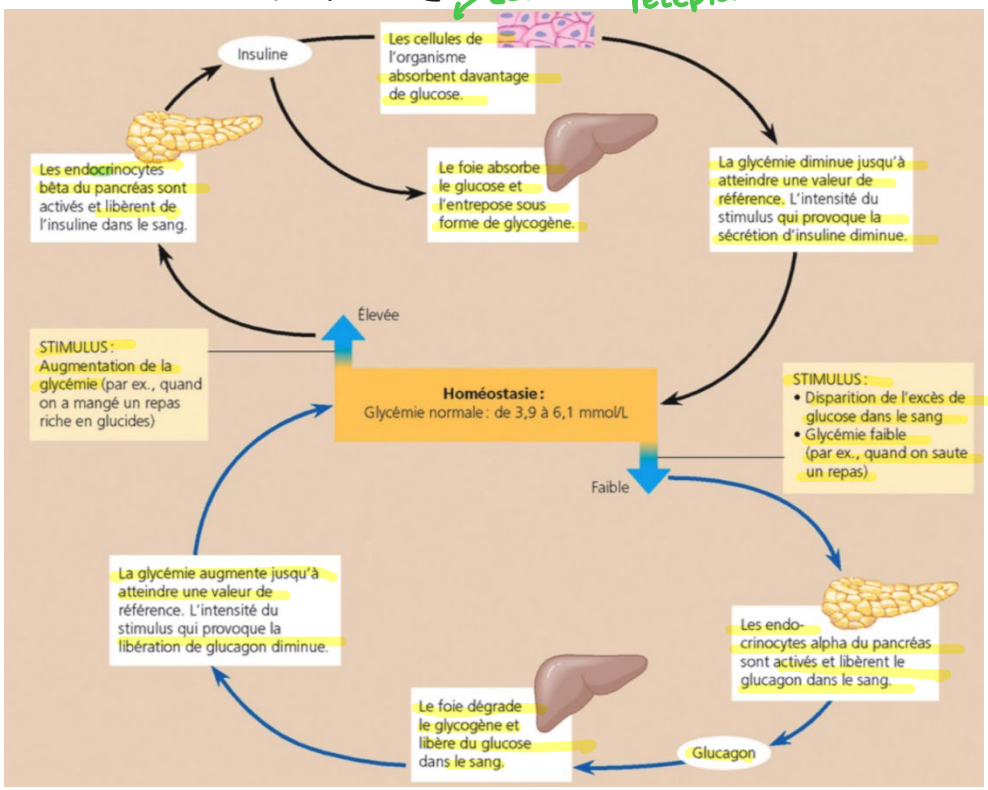
Normalement les hormones circulent dans le sang et se fixent sur un récepteur à l'intérieur de l'organisme. Pour ce faire, il existe deux grands mécanismes d'action sur la cellule.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1134

Nous allons maintenant nous pencher sur quelques exemples d'hormones que l'on retrouve chez l'être humain.

Exemple 1 : deux hormones pancréatiques antagonistes qui permettent le maintien de la glycémie.



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2004, p.1055

Made with Goodnotes

Mesures de la glycémie sanguine.

La glycémie sanguine est une mesure du taux de sucre (du glucose) dans le sang. Le taux de glucose sanguin est régulé principalement par les actions de deux hormones pancréatiques. Les îlots pancréatiques (ou îlots de Langerhans) sont formés de cellules endocrines parmi lesquelles on retrouve des endocrinocytes alpha (α) qui synthétisent le glucagon et des endocrinocytes bêta (β) qui produisent l'insuline. Les effets de ces hormones sont antagonistes : Le glucagon est une hormone hyperglycémiante alors que l'insuline est une hormone hypoglycémiante. Ensemble, elles permettent de maintenir la glycémie sanguine plutôt stable chez un individu en santé.

Le diabète résulte soit de l'insuffisance, soit de l'inefficacité de l'insuline. Étant donné que le glucose ne peut pas être absorbé par les cellules, le diabète se traduit par une hyperglycémie après les repas (de 3 à 10 fois la valeur normale). Cette hyperglycémie laisse cependant les cellules dans un état semblable à celui du jeûne... puisqu'elles ne peuvent utiliser le glucose présent dans le sang. On observe alors la glycogénolyse, la lipolyse et la néoglucogenèse. La glycémie atteint donc des sommets et l'organisme commence à sécréter l'excès de glucose dans l'urine (glucosurie).

Le diabète de type I est une maladie auto-immune caractérisée par la destruction des endocrinocytes β par des anticorps. Elle se manifeste normalement avant l'âge de 15ans. Le diabète de type II quant à lui est presque toujours associé à l'obésité et à la sédentarité... chez les personnes atteintes de diabète de type II l'insuline est produite mais le corps manifeste une insensibilité à sa présence (insulinorésistance). La prépondérance du diabète de type I est relativement stable mais on observe une forte augmentation du diabète de type II en occident et ce, chez des gens de plus en plus jeunes.

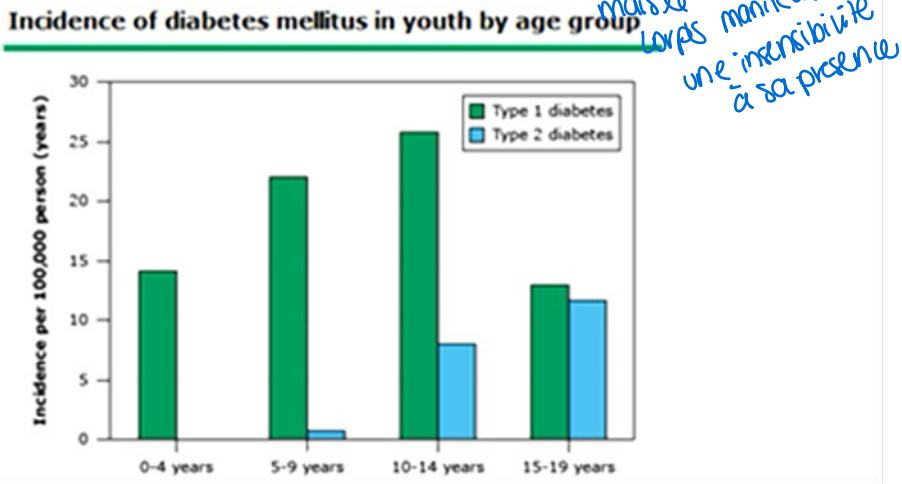


Image tirée d'un abonnement au site « Up to date »
https://www.uptodate.com/

Made with Goodnotes

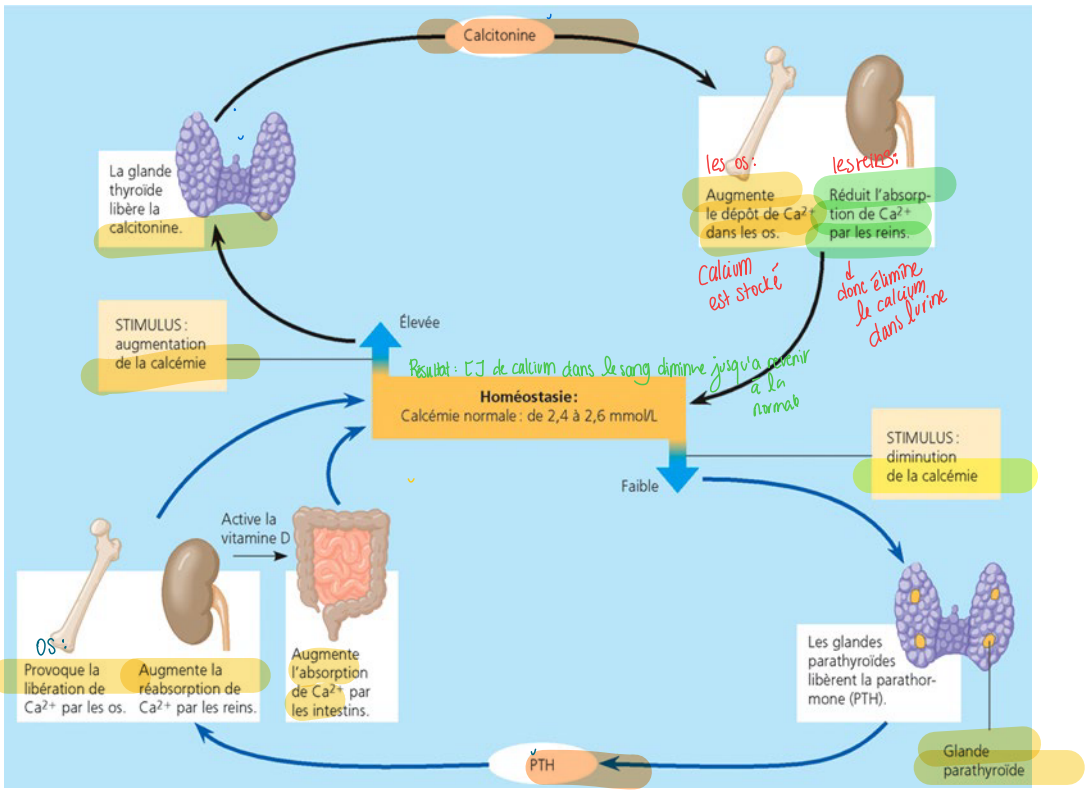
Le tableau suivant résume les principaux effets du diabète :

TABLEAU 16.4 Symptômes d'une déficience en insuline (diabète sucré)

ORGANES OU TISSUS TOUCHÉS	RÉACTIONS DES ORGANES OU DES TISSUS À UNE DÉFICIENCE EN INSULINE	EFFETS SUR : SANG	EFFETS SUR : URINE	SIGNES ET SYMPTÔMES
Foie, Tissu adipeux, Muscle	Diminution de l'absorption et de l'utilisation du glucose	Hyperglycémie	Glycosurie Diurèse osmotique	Polyurie (et déshydratation et ramollissement des bulbes des yeux) Polydipsie (et fatigue, perte pondérale) Polyphagie
Foie	Glycogénolyse			
Foie, Muscle	Catabolisme des protéines et néoglucogenèse			
Foie, Tissu adipeux	Lipolyse et cétogenèse	Lipidémie et acidocétose	Cétonurie Perte de Na^+ et de K^+; déséquilibres électrolytique et acidobasique	Odeur acétonique de l'haleine Hyperpnée Nausées, vomissements, douleurs abdominales Arythmies cardiaques Dysfonctionnement du système nerveux central ; coma

Tiré de Marieb, 2014, ERPI, p.729

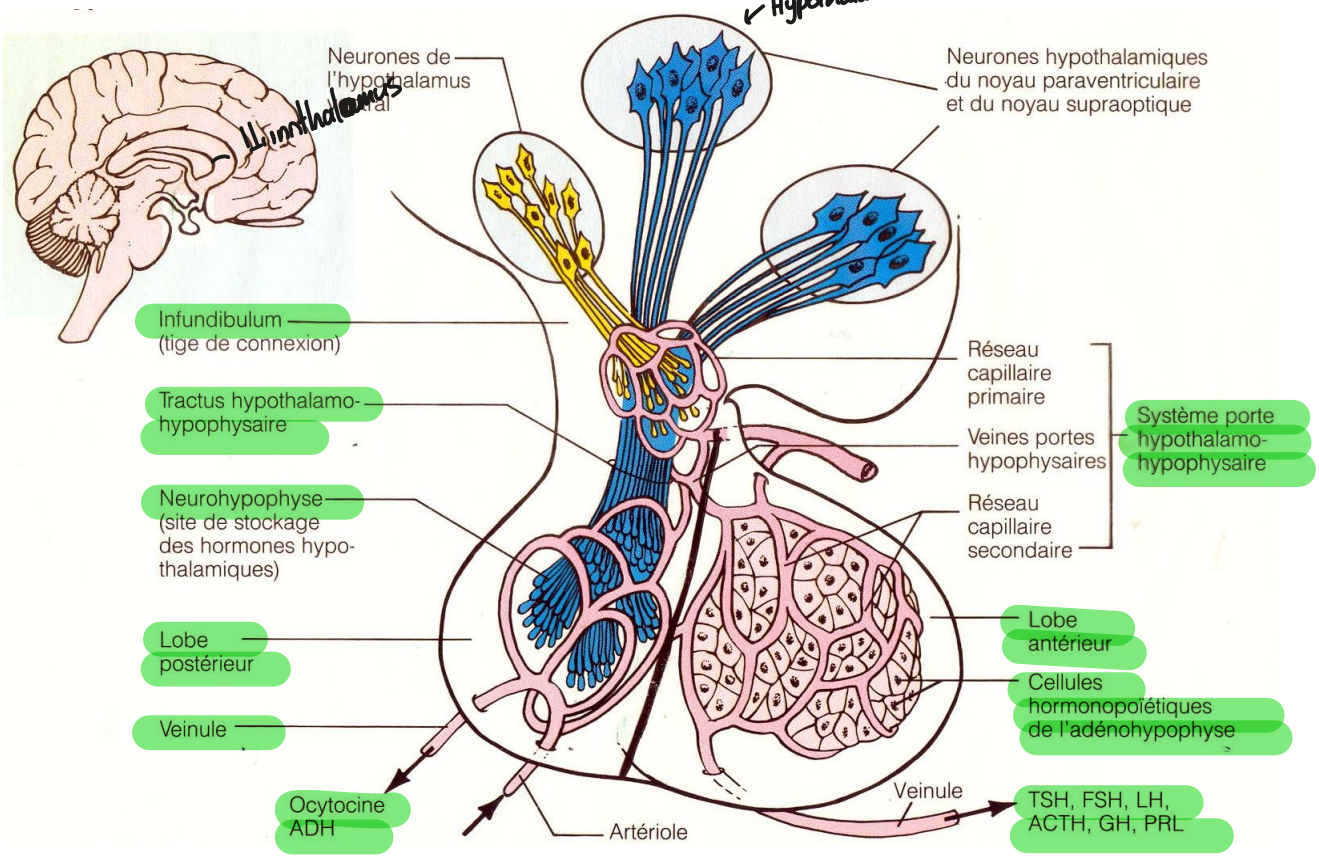
Exemple 2 : deux hormones thyroïdiennes antagonistes permettent le maintien de la calcémie.



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2004, p.1056

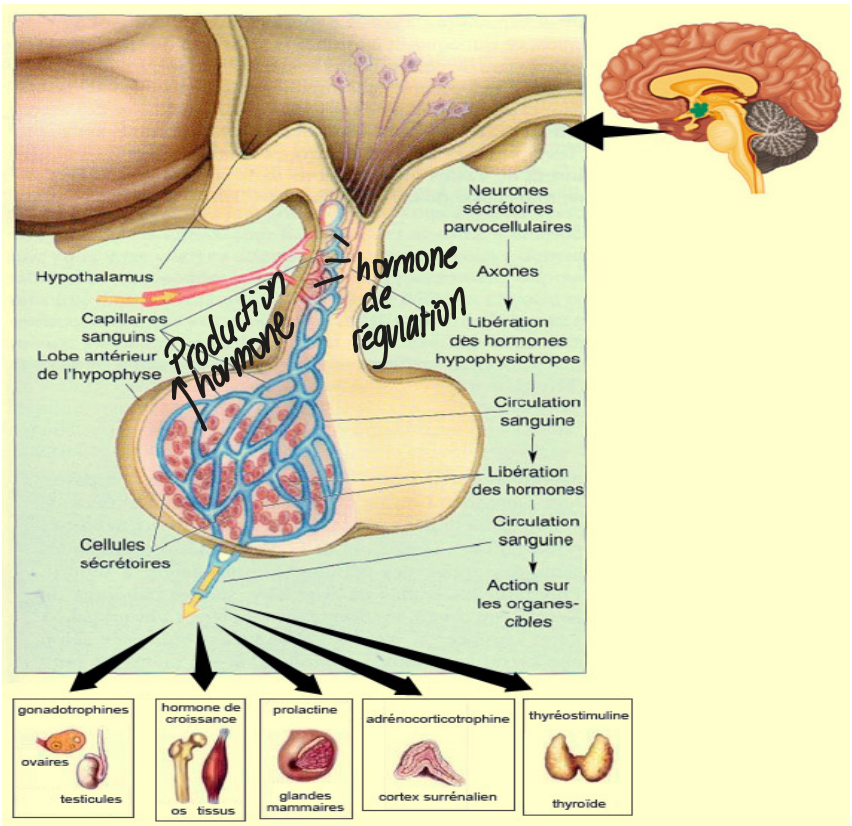
Made with Goodnotes

Exemple 3 : plusieurs hormones sont produites par l'hypothalamus ou par l'hypophyse sous l'influence de l'hypothalamus.



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.596

Schéma :



Made with Goodnotes

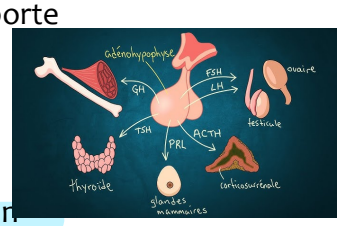
Hormones neurohypophysaires : produites par l'hypothalamus et libérées dans le sang au niveau de la neurohypophyse.

- L'ADH (hormone antidiurétique) permet d'augmenter la concentration et de réduire le volume d'urine produite (son hyposécrétion donne le diabète insipide... +/- 4 litres d'urine par jour).

- L'ocytocine favorise les contractions de l'utérus et l'éjection du lait.

↳ sortie

Hormones adénohypophysaires : produites par l'adénohypophyse suite à une stimulation de l'hypothalamus via les hormones hypothalamiques qui voyagent par le système porte hypothalamo-hypophysaire.



1 • PRL (prolactine) stimule la lactation. Production de lait par les seins
Allaitement

2 • LH (hormone lutéinisante) : déclenche l'ovulation et augmente la production d'œstrogènes et progestérone chez la femme. Augmente la production de testostérone chez l'homme.
Ovulation

3 • FSH (hormone folliculo-stimulante) : favorise la maturation des follicules ovariens et l'augmentation des œstrogènes chez la femme. Stimule la spermatogenèse chez l'homme.
gamète

4 • TSH (thyréotrophine) : stimule la libération des hormones thyroïdiennes.
T = thyroïde

5 • GH (hormone de croissance) : stimule la croissance.

6 • ACTH (corticotrophine) : agit sur les surrénales pour la libération des minéralocorticoïdes et glucocorticoïdes.
libère du sucre dans sang pour énergie rapide
Retiennent le Na+ dans le sang
Augmente la dégradation du glycogène en glucose
FC↑ PA↑
calcitonine → baisse calcémie

Exemple 4 : les hormones thyroïdiennes.

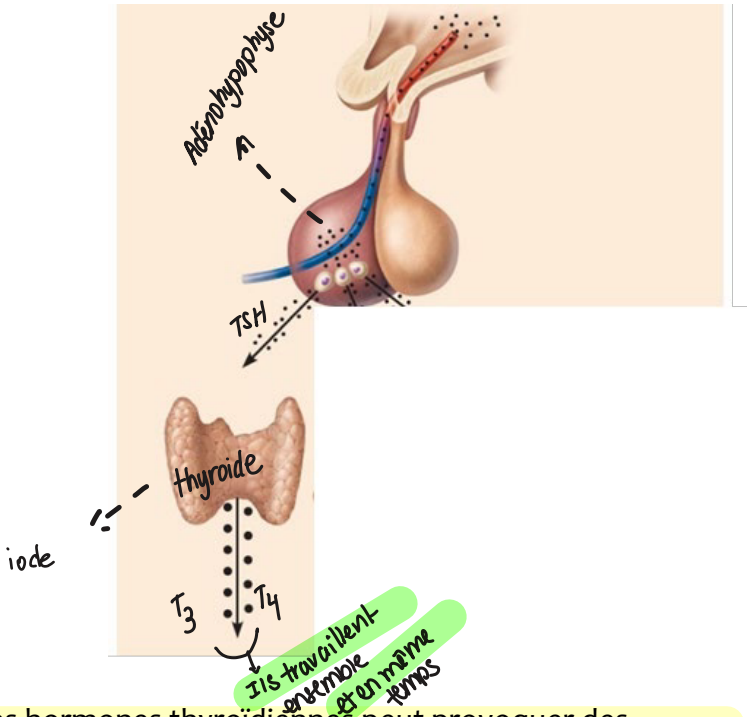
La thyroxine (T_4 ou tétraïodothyronine) et la triiodothyronine (T_3) sont deux hormones dérivées d'acides aminés qui contiennent toutes deux de l'iode. À l'exception de certains organes (l'encéphale de l'adulte, la rate, les testicules, l'utérus et la glande thyroïde), les hormones thyroïdiennes agissent sur les cellules de presque tous les tissus.

Ces hormones assument plusieurs fonctions ; elles accélèrent entres autres le métabolisme de base et jouent un rôle essentiel dans la stabilisation de la pression artérielle.

↳ hydrophobe

Made with Goodnotes

Schéma de la cascade hormonale responsable de la production de T_3 et de T_4 :

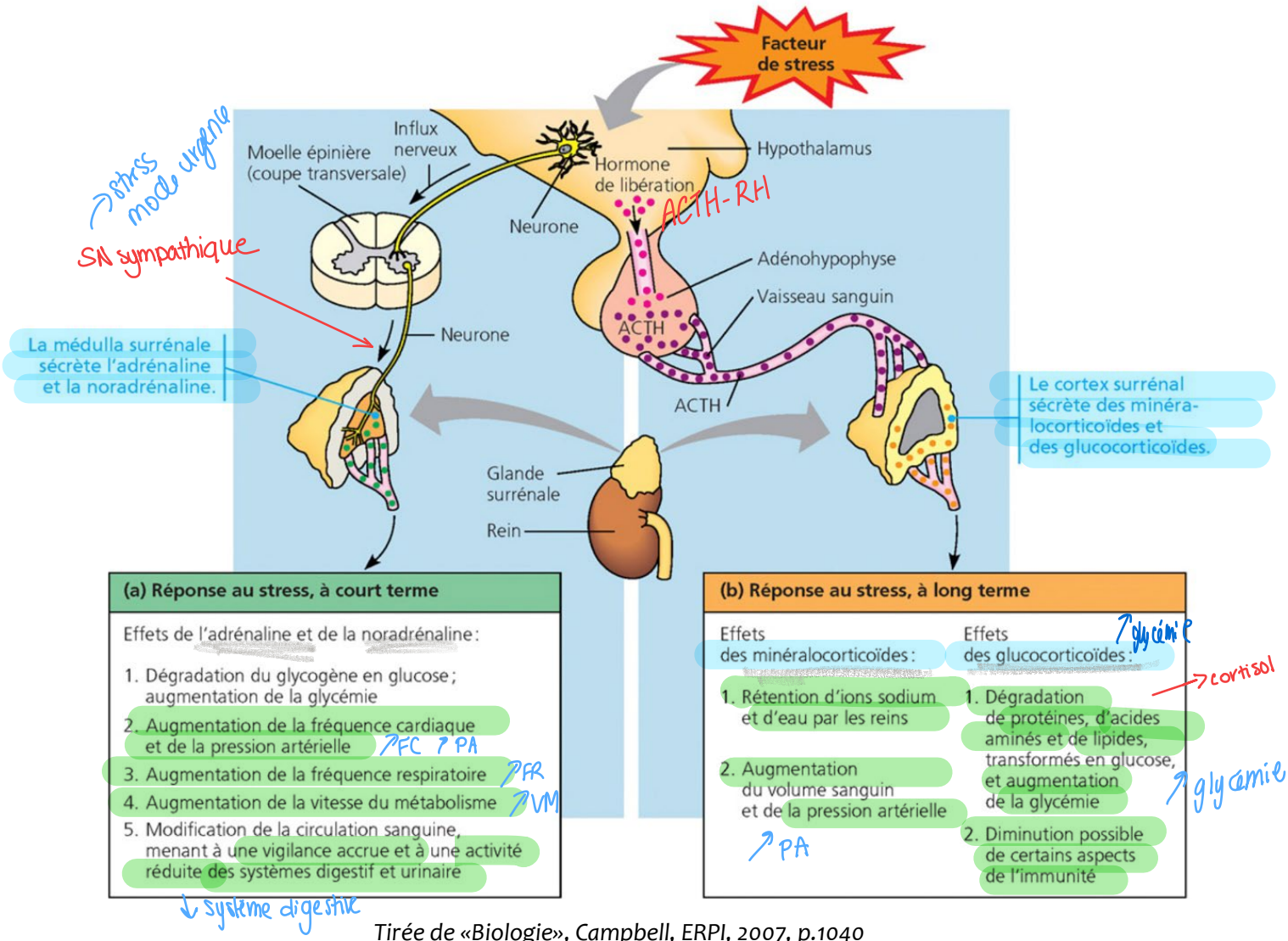


Un déséquilibre dans la production des hormones thyroïdiennes peut provoquer des pathologies :

Pathologie	Hypothyroïdie	Hyperthyroïdie
Cause(s)	Due à une anomalie de la thyroïde OU une carence en iode OU une déficience en TSH (cette dernière option est rare).	Due à une hypersécrétion des hormones T3 et T4, probablement causée par une réaction auto-immune avec des anticorps ressemblant à la TSH.
Symptômes	Une baisse du métabolisme ; la fatigue ; le goitre ; les yeux bouffis ; la prise de poids ; la sensation d'avoir froid ; * possiblement la baisse des capacités intellectuelles chez l'enfant.	L'exophtalmie ; le goitre ; augmentation du métabolisme de base ; la perte de poids ; l'insomnie ; augmentation de la nervosité (hallucinations) ; irrégularité du rythme cardiaque ;
Traitements	Hormonothérapie ou prise d'iode	Ablation d'une partie ou de la totalité de la thyroïde ou traitement à l'iode radioactif Les deux traitements seront faits conjointement avec l'hormonothérapie.

Made with Goodnotes

Exemple 5 : Les hormones du stress produites par les surrénales.



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.1040

Stress = Ensemble de réponse d'un organisme soumis à des pressions ou contrainte de son environnement (Hans, Selye, 1959)

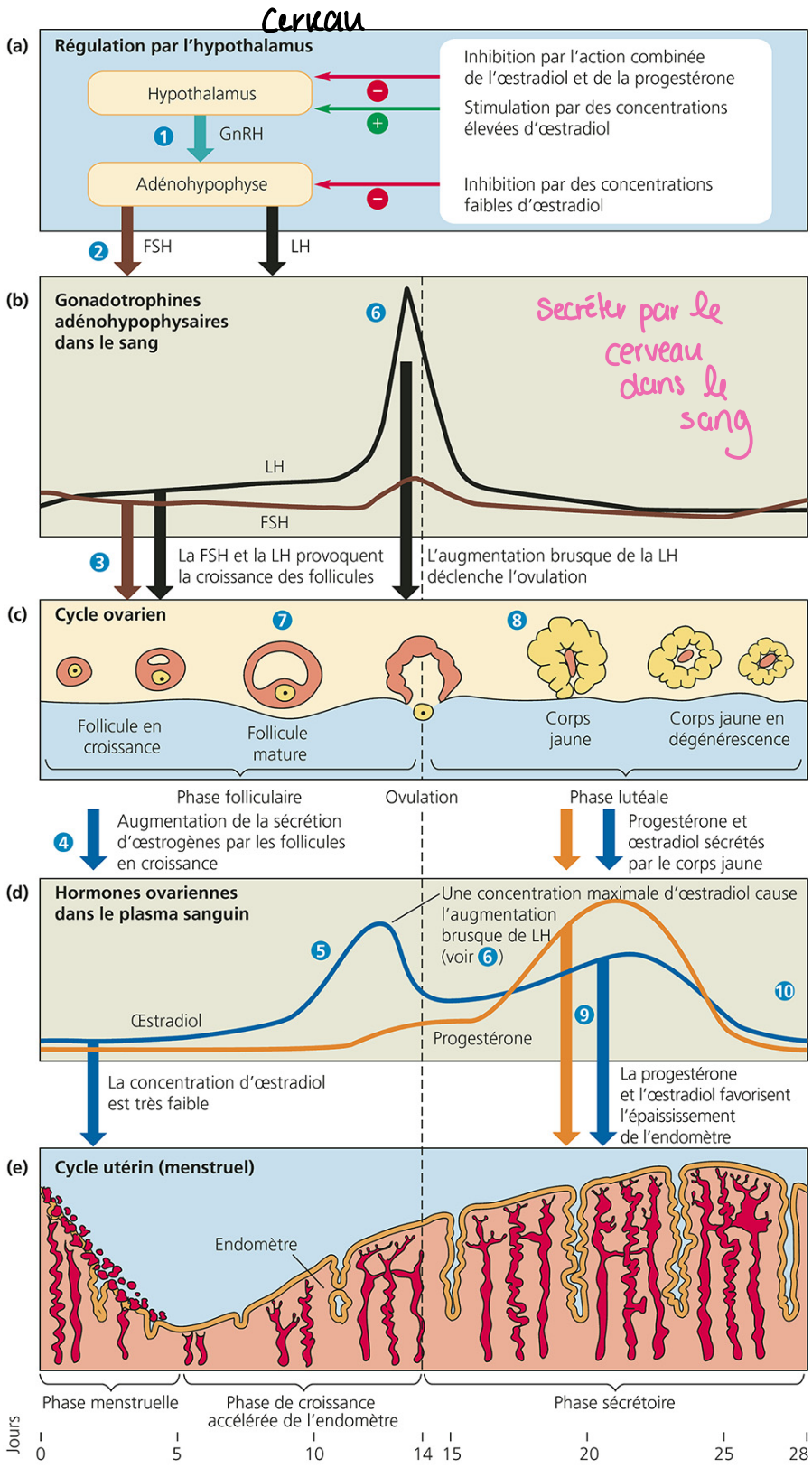
Phase 1 : Réaction de fuite ou de lutte

Phase 2 : Résistance = adaptation à l'agent stressant

Phase 3 : Épuisement = Perte de capacité de résistance si l'agent stressant et perdure

Made with Goodnotes

Exemple 6 : Les hormones sexuelles : Les hormones féminines permettent de coordonner les cycles ovarien et menstruel qui se déroulent chez la femme :



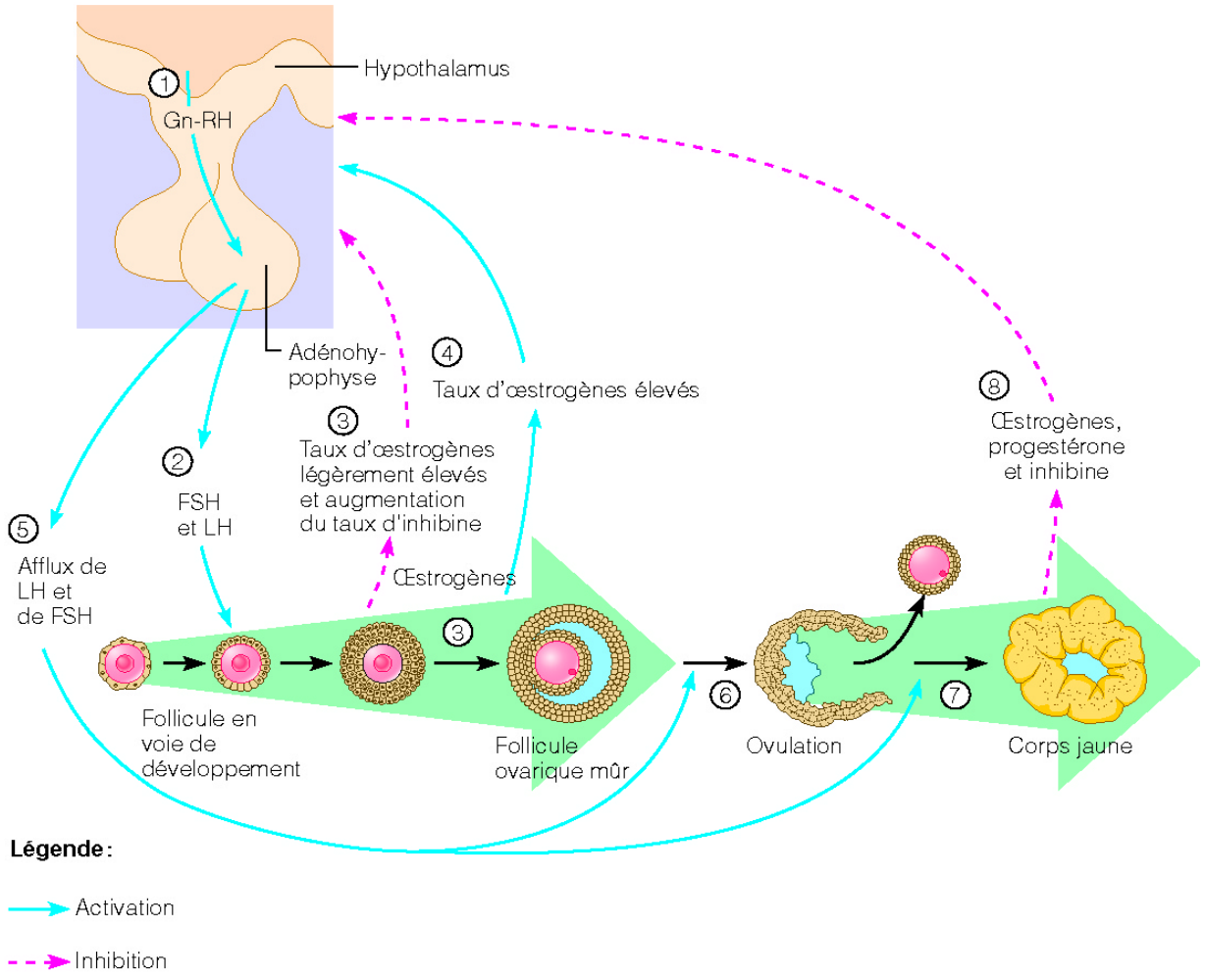
Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1062

Made with Goodnotes

→ chez les femmes

Régulation hormonale de la fonction ovarienne :

Résumé



Tirée de « Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 2005, p.1124

9. Les œstrogènes et progestérone produits par le corps jaune augmentent le développement de l'endomètre.

↗ endomètre

10. S'il y a absence de spermatozoïdes, alors le corps jaune dégénère… ce sont les menstruations.

Ø sperme, le corps jaune dégénère

S'il y a présence de spermatozoïdes, alors il y a formation du zygote puis de l'embryon qui produit l'hormone hCG (gonadotrophine chorionique humaine). Cette hormone favorise le maintien du corps jaune et de sa production d'hormones jusqu'à ce que le placenta prenne la relève (environ à 12 semaines de grossesse).

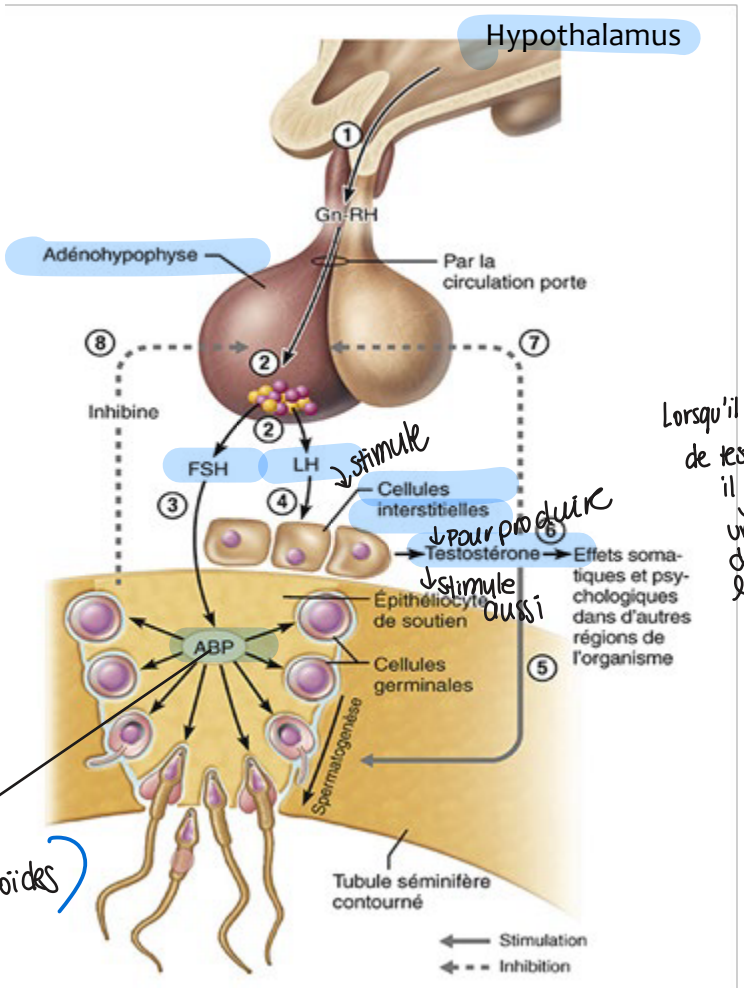
sperme → zygote → embryon → Hormone hCG (gonadotrophine chronique humaine)

↙ favorise maintient du corps jaune et production d'hormone → jusqu'à placenta

Made with Goodnotes

→ Androgène -> testostérone → LH → Apparitions des caractère primaires sexuel

Les hormones mâles : ce sont les androgènes, dont le principal est la testostérone. La testostérone est produite par les cellules interstitielles dans les testicules sous le contrôle des hormones hypophysaires (La LH stimule sa production). Les androgènes déterminent l'apparition des caractères sexuels primaires et secondaires, le développement de la libido et parfois aussi d'une certaine agressivité.



↓stimule ↓pour produire

↓stimule aussi

Lorsqu'il y a trop de testostérone il y aura un message dans le système pour ↓ diminuer hormones

(Produit spermatozoïdes)

Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 2015, p.1221

Made with Goodnotes

Résumé

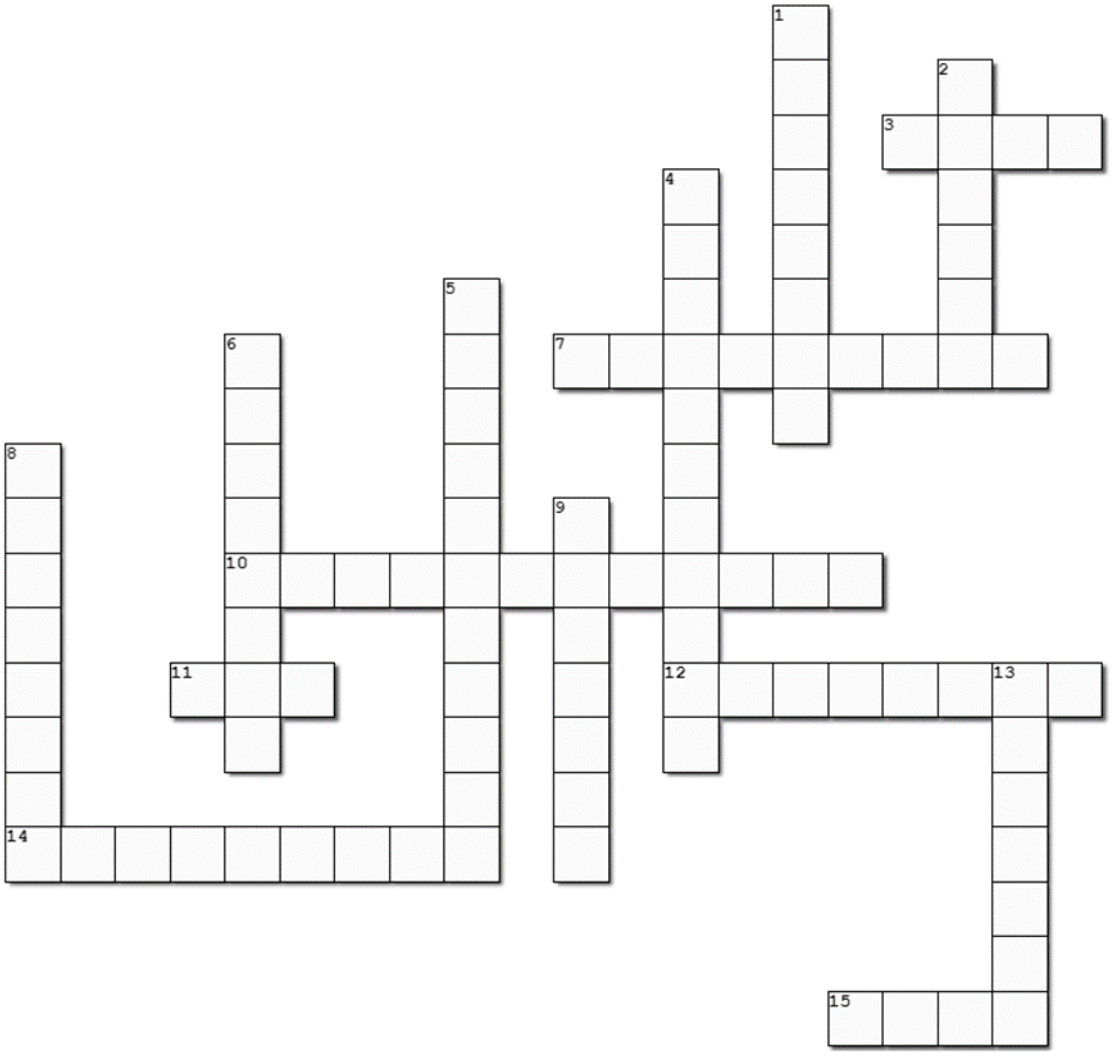
Les principales hormones produites chez l'humain :

Glandes	Hormones	Molécules	Principaux effets
Hypothalamus	Hormones libérées par la neurohypophyse et hormones régulant l'adénohypophyse (voir ci-dessous)		
Hypophyse			
Neurohypophyse (libère les neurohormones produites par l'hypothalamus)	Ocytocine	Peptide	Déclenche la contraction des muscles utérins et des cellules des glandes mammaires.
	Hormone anti-diurétique (ADH)	Peptide	Stimule la réabsorption d'eau par les reins.
Adénohypophyse	Hormone de croissance (GH)	Protéine	Stimule la croissance (du squelette en particulier) et les fonctions métaboliques.
	Prolactine (PRL)	Protéine	Déclenche la production et la sécrétion de lait.
	Hormone folliculo-stimulante (FSH)	Glycoprotéine	Provoque la maturation du follicule ovarien et la spermatogenèse.
	Hormone lutéinisante (LH)	Glycoprotéine	Stimule la production d'hormones sexuelles. Chez la femme, déclenche l'ovulation.
	Thyréotrophine (TSH)	Glycoprotéine	Régit les sécrétions de la glande thyroïde.
	Corticotrophine (ACTH)	Polypeptide	Régit la production et la sécrétion de glucocorticoïdes et de gonadocorticoïdes par le cortex surrénal.
	Hormone mélanotrope (MSH)	Polypeptide	Active les cellules pigmentaires de la peau chez certains Vertébrés.
Glande thyroïde	Tri-iodothyronine (T_3) et thyroxine (T_4)	Amine	Stimulent et entretiennent les processus métaboliques.
	Calcitonine	Polypeptide	Diminue la calcémie.
Glandes parathyroïdes	Parathormone (PTH)	Polypeptide	Augmente la calcémie.
Pancréas	Insuline	Protéine	Diminue la glycémie.
	Glucagon	Polypeptide	Augmente la glycémie.
Glandes surrénales			
Médulla surrénale	Adrénaline et noradrénaline	Amines	Augmentent la glycémie. Augmentent les activités métaboliques. Entraînent la constriction de certains vaisseaux sanguins.
Cortex surrénal	Glucocorticoïdes (p. ex. cortisol)	Stéroïdes	Augmentent la glycémie.
	Minéralocorticoïdes (p. ex. aldostérone)	Stéroïdes	Stimulent la réabsorption de Na^+ et la sécrétion de K^+ par les reins.
	Gonadocorticoïdes (p. ex. androgènes, œstrogènes)	Stéroïdes	Déclencheraient la puberté. Seraient associés à la libido féminine et constitueraient une source d'œstrogènes après la ménopause.
Gonades			
Testicules	Androgènes	Stéroïdes	Maintiennent la spermatogenèse. Font apparaître et entretiennent les caractères sexuels secondaires masculins.
Ovaires	Œstrogènes	Stéroïdes	Stimulent le développement de l'endomètre utérin. Font apparaître et entretiennent les caractères sexuels secondaires féminins.
	Progestines (p. ex. progestérone)	Stéroïdes	Préparent l'endomètre utérin à recevoir l'embryon.
Corps pinéal	Mélatonine	Amine	Intervient dans les rythmes circadiens.

Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1144

Made with Goodnotes

Révision sur le système endocrinien



Horizontal

3. effecteur qui transforme le glucose sanguin en glycogène
7. hormones liposolubles
10. région du diencéphale qui produit les hormones neurohypophysaires
11. acronyme de l'hormone responsable du développement des follicules ovariens
12. glande responsable de la régulation de la calcémie
14. glande responsable de la production de minéralocorticoïdes
15. minéral essentiel à la production de thyroxine

Vertical

1. hormone hyperglycémiante
2. terme qui désigne le gonflement de la thyroïde
4. cellule de la matrice osseuse activée par la présence de parathormone
5. hormone qui réduit la concentration de calcium sanguin
6. synonyme de glande pinéale
8. organe qui produit l'insuline
9. minéral essentiel à la communication neuro-musculaire
13. la polyphagie, la polyurie et la polydipsie sont des signes et symptômes de cette pathologie

Made with Goodnotes

4. Le Système digestif

Introduction

Les humains sont des organismes hétérotrophes (incapables de faire de la photosynthèse). Pour survivre ils se doivent de consommer des aliments organiques. Notre étude de la physiologie se poursuit avec le **système digestif**, celui qui permet l'ingestion et l'absorption de cette nourriture essentielle à la vie.

Comme mentionné précédemment, l'ensemble des réactions biochimiques de synthèse (anabolisme) et de dégradation (catabolisme) qui se produisent dans les cellules des vivants se nomme métabolisme.

C'est la **respiration cellulaire** (qui a lieu principalement dans les mitochondries) qui permet d'extraire l'énergie (sous forme d'ATP) des différents nutriments.

Objectifs spécifiques

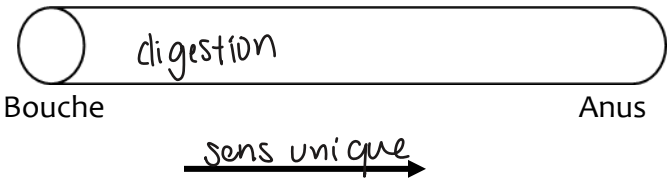
1) Décrire l'anatomie du tube digestif.
2) Décrire les principaux mécanismes de la digestion chimique et mécanique qui se déroulent dans le tube digestif humain.
3) Expliquez le mécanisme de l'absorption intestinale.
4) Donnez et expliquez les principaux rôles du foie dans la digestion et après la digestion chez l'être humain.
5) Décrire la régulation hormonale de la digestion chez l'être humain.
6) Donnez les noms et les rôles de certaines vitamines hydrosolubles et liposolubles ainsi que de certains minéraux essentiels à une bonne alimentation.

Made with Goodnotes

Le système digestif

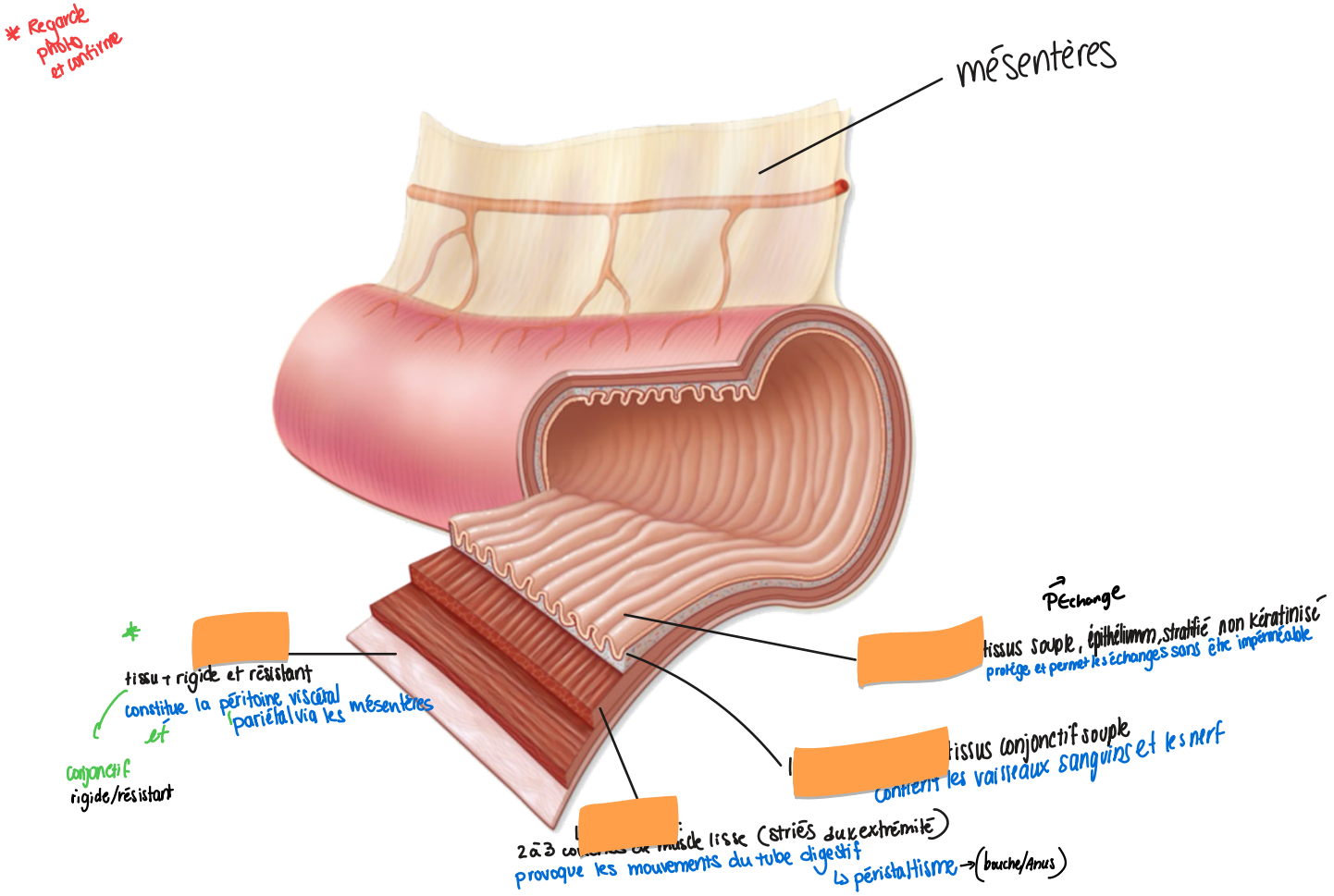
Le tube digestif et les **organes annexes** s'associent pour former le système digestif.

Schéma du tube digestif de base :



Comme la nourriture se déplace (normalement !) dans une seule direction, le tube digestif peut contenir des régions spécialisées.

Le tube digestif comporte quatre tuniques :



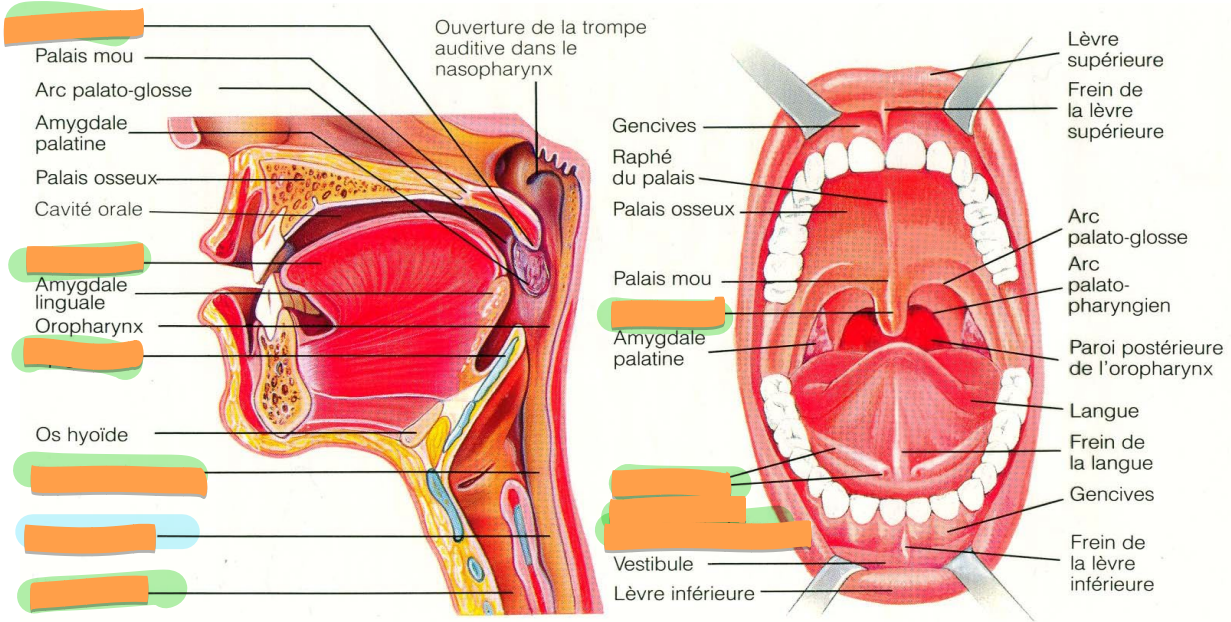
Tirée d'Anatomie et physiologie humaines, McKinley, Chenelière, 2019. p.1260

Toutes les sections du tube digestif possèdent les quatre tuniques mais leur importance varie selon la (ou les) fonction (s) assumée (s) par la portion du tube.

Made with Goodnotes

Nous allons aborder l'étude du système digestif dans le même ordre chronologique que celui rencontré par les aliments ingérés. Nous tenterons de souligner l'ensemble des rôles assumés par chacune des sections de ce système.

Bouche et cavité orale :



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.860

CEB

Digestion mécanique : les dents coupent, écrasent et broient les aliments. Il y a 20 dents temporaires et 32 dents permanentes. La langue forme le bol alimentaire.

Digestion chimique et autres rôles de la salive : les glandes salivaires (parotide, sublinguale et submandibulaire) produisent environ 1 litre de salive à chaque jour. La salive contient la **mucine** (une glycoprotéine) qui hydrate les aliments, une solution tampon pour équilibrer le pH, des **lysosymes** bactéricides, **l'amylase salivaire** pour amorcer l'hydrolyse de l'amidon et du glycogène et la **lipase linguale** qui sera activée par le pH acide de l'estomac et qui amorcera l'hydrolyse des triacylglycérols.

La digestion chimique est catalysée par les enzymes.

Action de l'amylase salivaire	Action de la lipase linguale
agit dans Amidon/glycogène + H_2O ↓ amylase oligosaccharides et maltose	Triacylglycérols (gros) + H_2O ↓ Lipase en pH acide dans l'estomac Diacylglycérols + acides gras

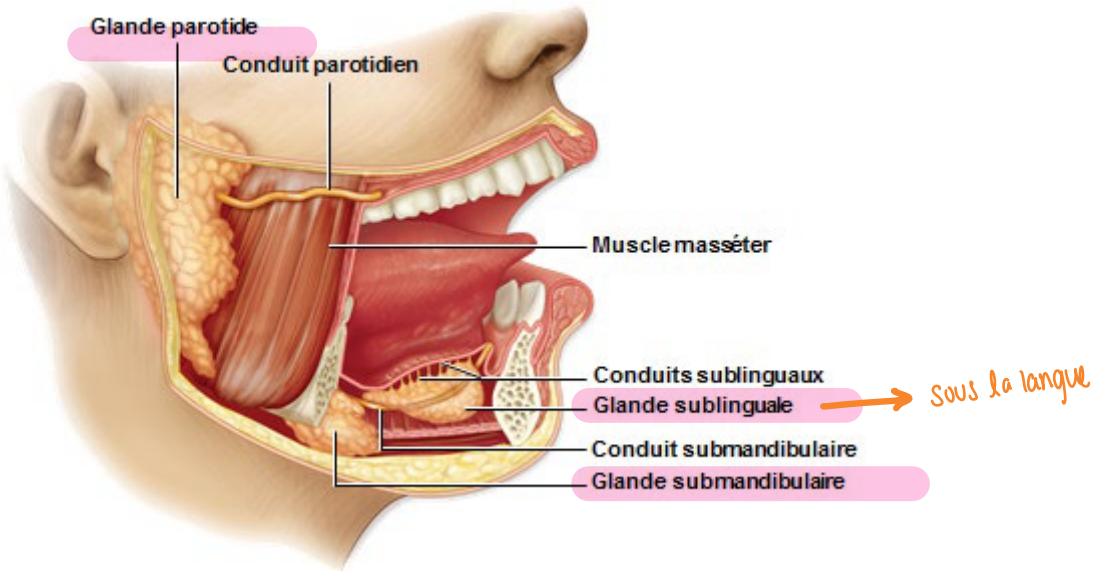
Réaction hydrolyse

Made with Goodnotes

PSS

LES GLANDES SALIVAIRES : Trois paires de glandes salivaires produisent la salive qui est déversée dans la cavité orale. Il s'agit des parotides, des submandibulaires et des sublinguales.

Les glandes salivaires :



Tirée d'Anatomie et physiologie humaines, McKinley, Chenelière, 2019. p.1243

LE PHARYNX : Le pharynx est le carrefour des voies digestives et respiratoires. Il communique avec l'œsophage, la trachée et la cavité nasale. Le réflexe de la déglutition permet quelques événements responsables d'un bon passage du bol alimentaire vers l'œsophage :

- La luette : elle remonte pour bloquer le passage vers les voies nasales. / Respiratoire
- L'épiglotte : elle s'abaisse pour fermer l'ouverture de la trachée lors de la déglutition.

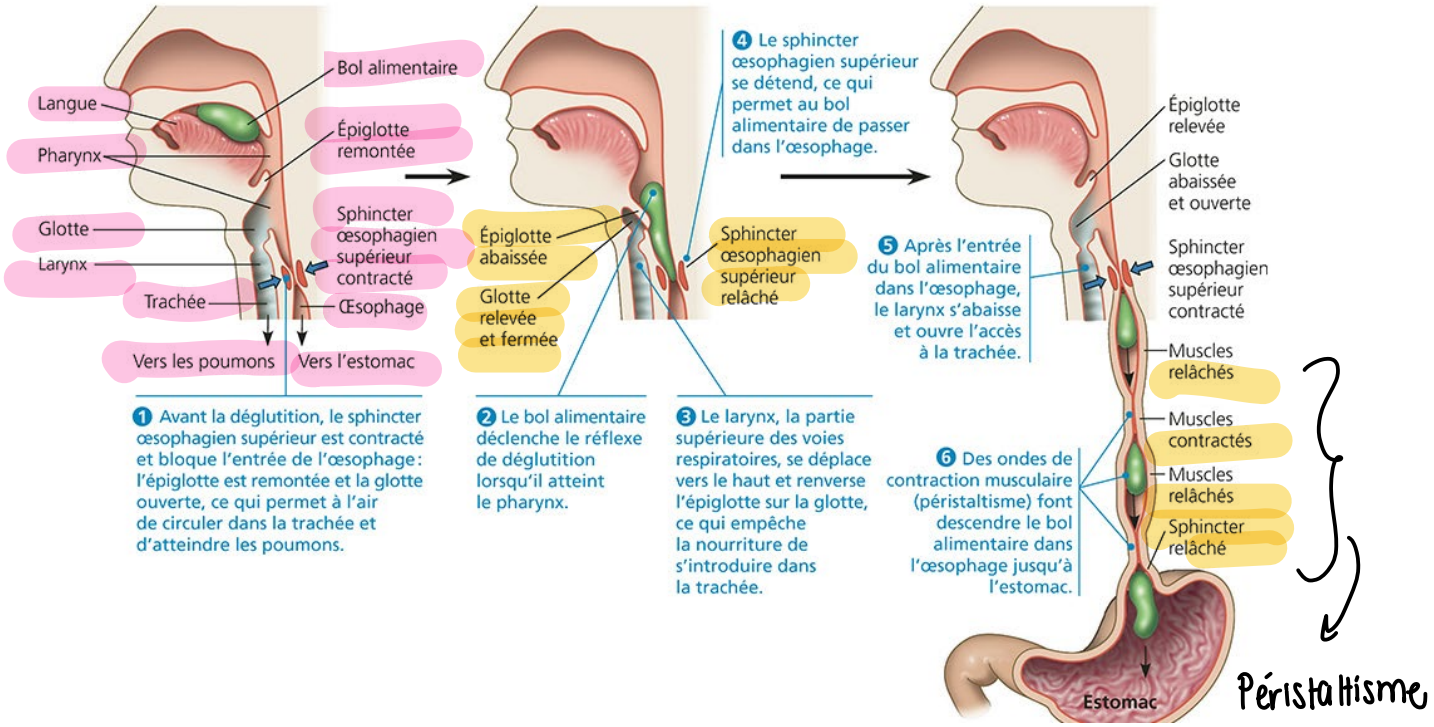
L'ŒSOPHAGE : Tube qui relie le pharynx à l'estomac. L'œsophage est d'abord tapissé de muscles striés squelettiques puis de muscles lisses. L'ouverture de l'œsophage est contrôlée par le sphincter œsophagien supérieur et le péristaltisme assure la progression du bol alimentaire vers l'estomac.

muscle strié squelettique = Volontaire

Made with Goodnotes

Vidéo

Mécanisme de la déglutition :

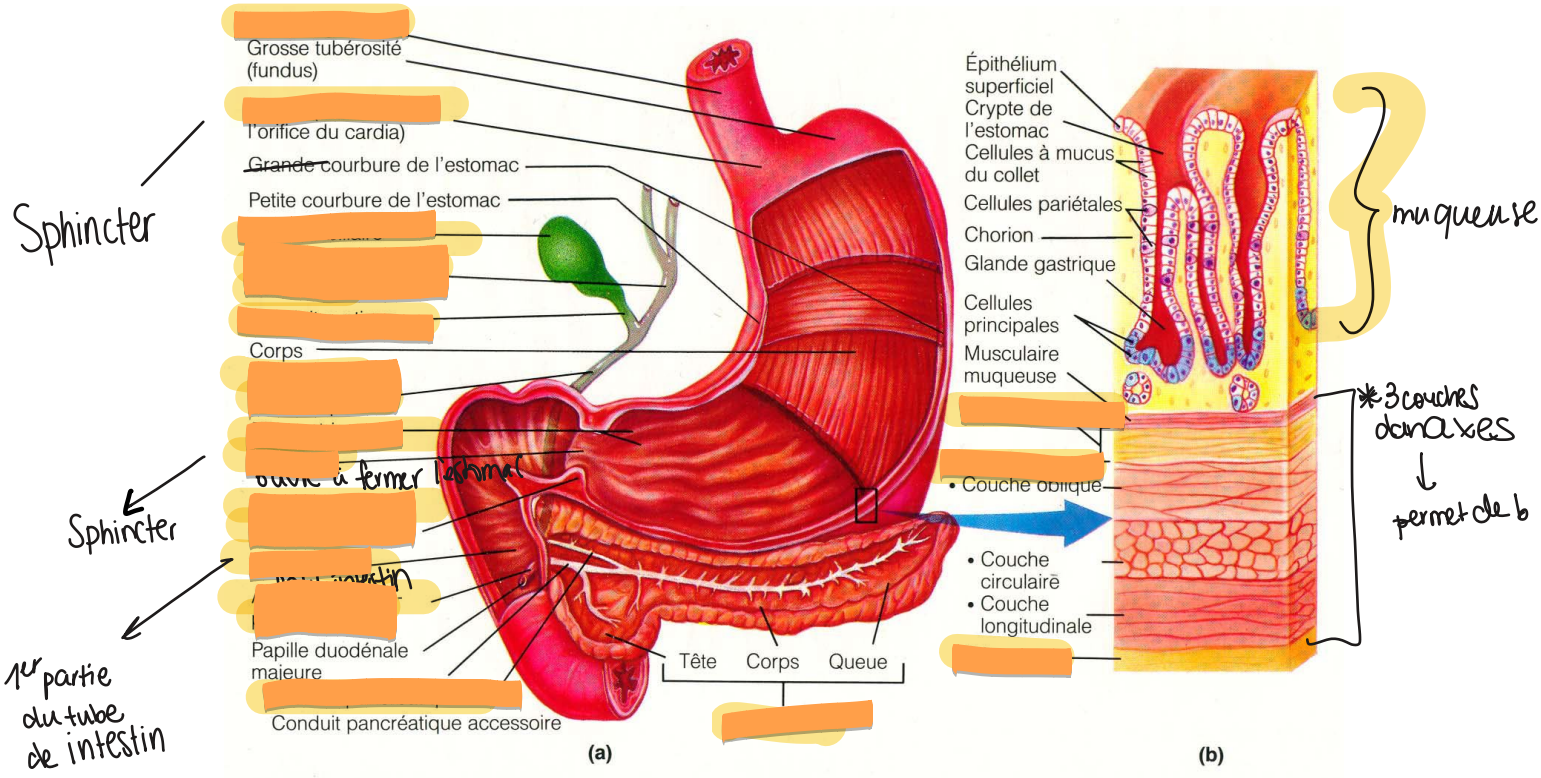


Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1027

L'ESTOMAC : L'estomac est le sac (de 15 à 25 cm de long) où s'accumulent les bols alimentaires. En général, l'estomac commence à se vider quelques minutes après un repas et l'opération se termine en moins de 4 heures (cependant cela varie selon le type de repas). Lorsqu'il est vide, l'estomac a un volume d'environ 50mL mais il peut contenir jusqu'à 4L de nourriture quand il est vraiment dilaté et s'étendre presque jusqu'au bassin ! La paroi de l'estomac produit les sucs gastriques (jusqu'à 3 litres par jour).

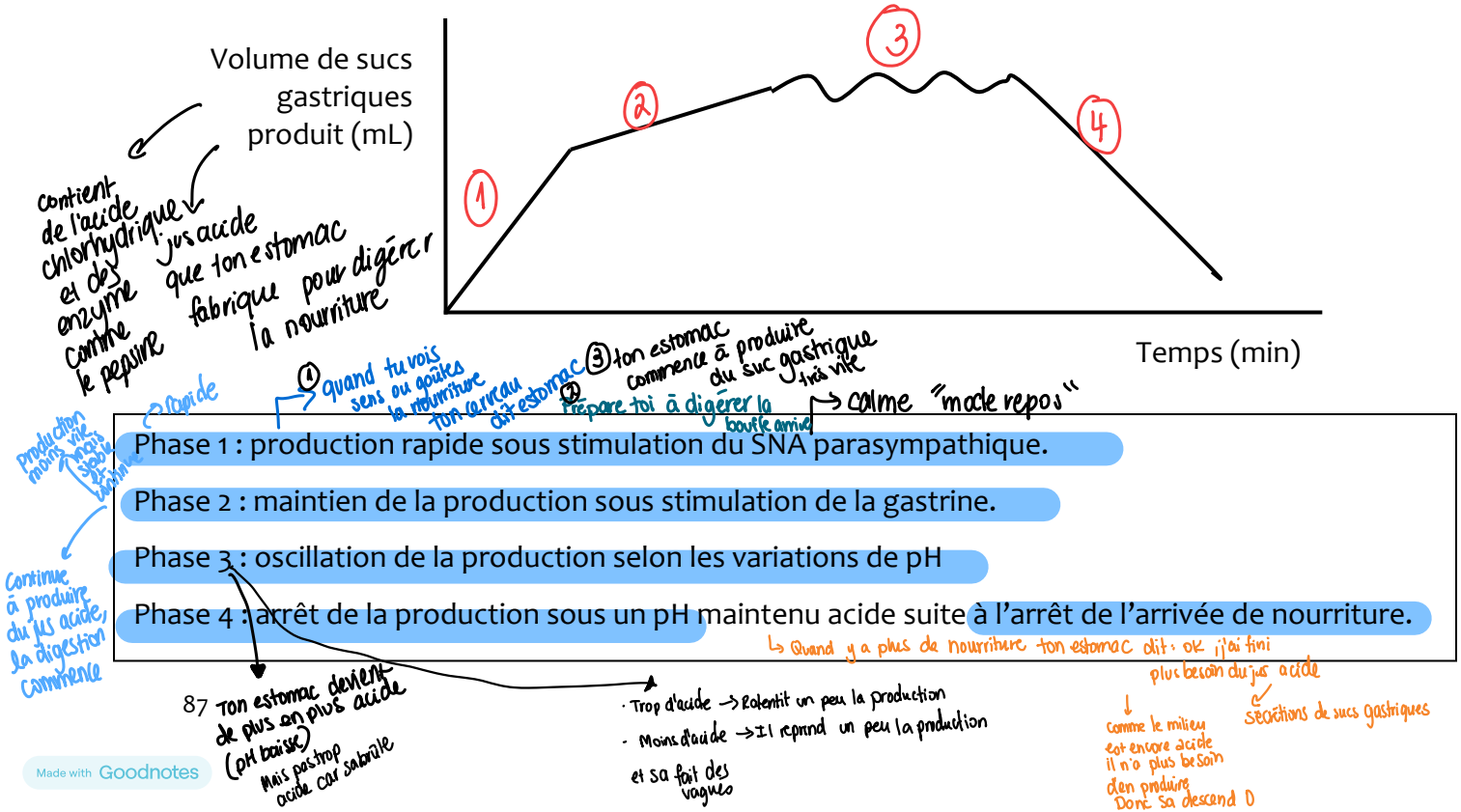
Made with Goodnotes

L'estomac et sa paroi



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.870

Schéma de la production des sucs gastriques



↗ HCl, Mucus, pepsine

Les sucs gastriques contiennent diverses composantes qui ont différents rôles :

↘ pH

HCl : cet acide permet d'abaisser le pH des bols alimentaires (de 1,5 à 3 en moyenne). Cela permet de dégrader les aliments et de tuer les bactéries. Le pH acide permet également d'activer le pepsinogène en pepsine.

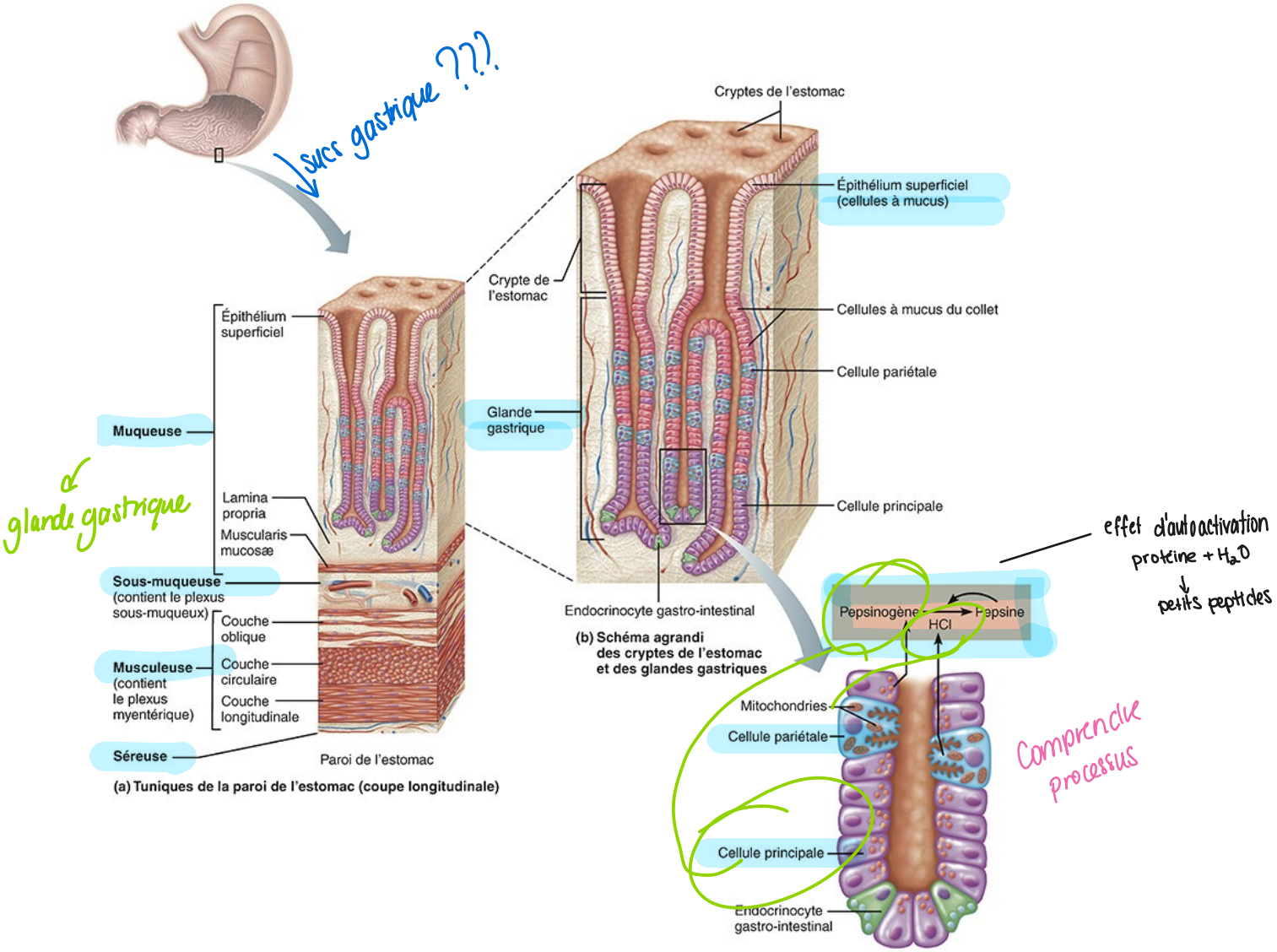
dégrader les aliment
tuer bactérie
Active Pepsinogène en pepsine

EP **Mucus :** il enrobe et protège la muqueuse de la paroi de l'estomac. auto-digérer

→ lorsqu'elle est produite = inactive

Pepsine sécrétée sous forme de pepsinogène : la pepsine est une enzyme digestive qui permet l'hydrolyse des polypeptides en petits peptides.

Schéma de l'activation du pepsinogène en pepsine



Tirée de Marieb, ERPI, 2014, p.1006

Made with Goodnotes

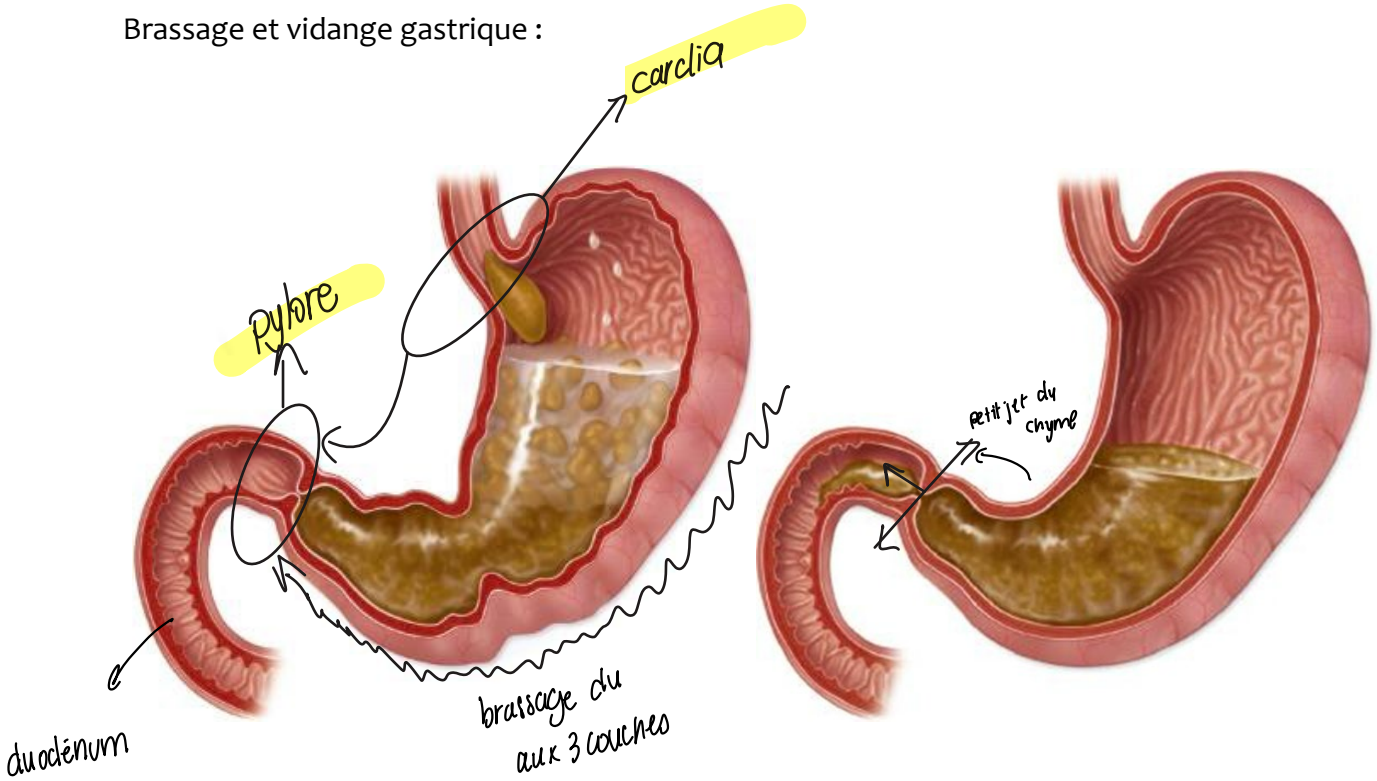
Digestion mécanique de l'estomac : les muscles lisses (3 couches : longitudinale, transversale et oblique) pétrissent le contenu. Cela permet le brassage des bols alimentaires qui forment progressivement le chyme gastrique.

Les deux extrémités de l'estomac sont fermées par les muscles sphincters.

Le sphincter du cardia permet d'éviter le reflux gastrique dans l'œsophage. Le sphincter pylorique laisse progressivement sortir le chyme acide vers le duodénum.

Les bols alimentaires sont donc modifiés par les digestions chimique et mécanique de l'estomac, on obtient un chyme acide qui est évacué par petits jets dans le duodénum.

Brassage et vidange gastrique :



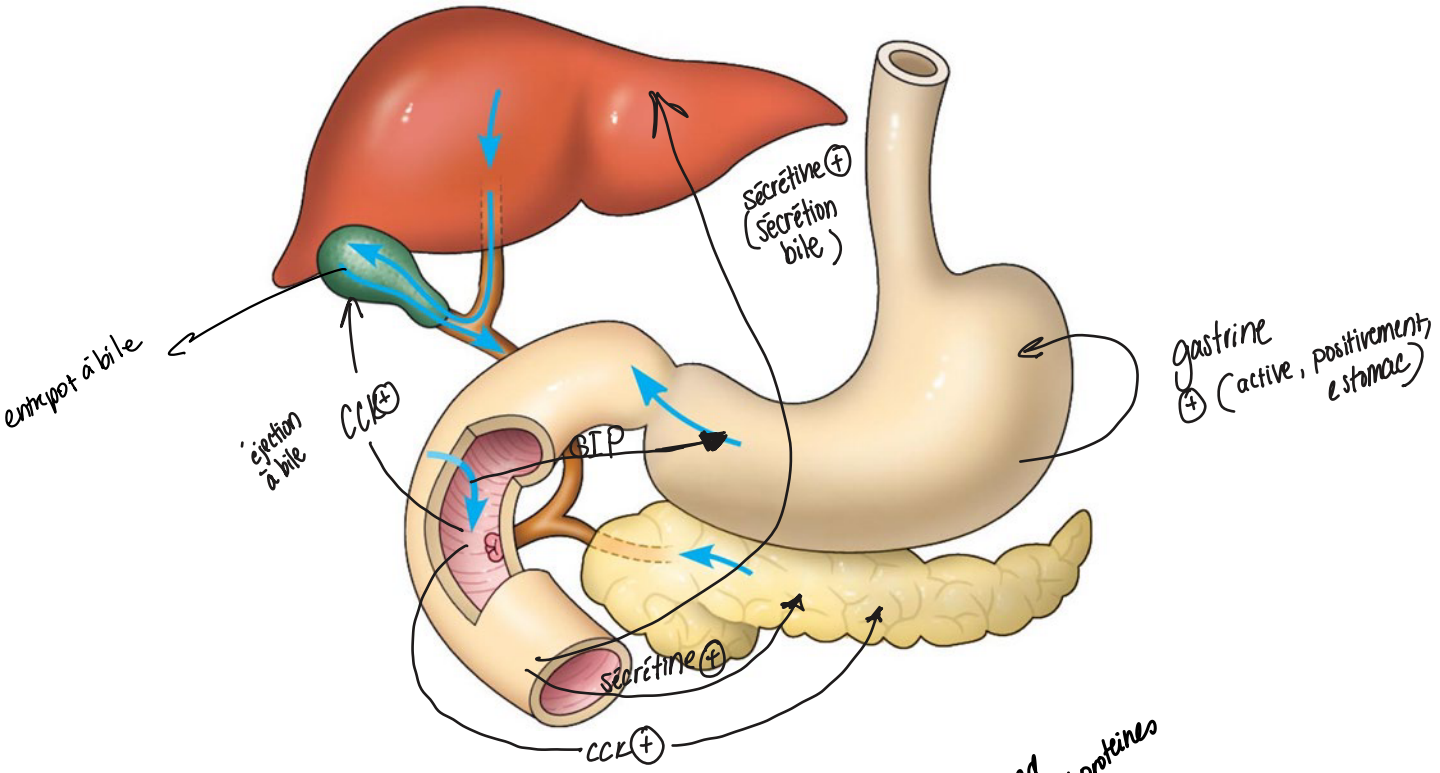
Tirée d'Anatomie et physiologie humaines, McKinley, Chenelière, 2019. p.1256

Made with Goodnotes

GIP ⊖ → dit à l'estomac de se calmer

quand tu manges : nourriture arrive dans ton estomac, dans ton intestin (duodénum) : des gras, des protéines et des glucide → ton corps libère tt hormone pour digérer

La digestion se doit d'être régulée par l'action de plusieurs hormones afin que l'estomac, le petit intestin et les organes annexes (foie, vésicule biliaire et pancréas) agissent de façon coordonnée. Nous allons ici résumer les mécanismes d'action des principales hormones des humains.



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.937

la bile aide casser les gras
enzyme pancréatique aident à casser protéines et les gras
elle sort quand ya du gras et protéines
digestion des gras et protéines

La présence de matières grasses et de composés protéiniques partiellement décomposés dans le duodénum déclenche la libération de la **cholécystokinine** (CCK) qui provoque l'éjection de la bile entreposée dans la vésicule biliaire et la libération des enzymes pancréatiques (hydrolases) dans le duodénum.

matières grasses
produite dans le foie
capable de vive sans
Hé vésicule biliaire vide ta bile et pancréas envoie des enzymes

La **sécrétine** est libérée lorsque le chyme pénètre dans le duodénum. Son principal effet consiste à accroître la sécrétion de la bile (par le foie) et de tampons (par le pancréas), ce qui augmente le pH du chyme. elle sort quand il ya du chyme acide et elle dit Pancréas envoie du liquide pour rendre tout ça moins acide

La **gastrine** est produite par l'estomac et stimule la production d'acide et d'enzymes par l'estomac.

Hé estomac continue à faire acide et des enzyme pour digérer glucide, graisse (protéine)
foie envoie la bile

Le **peptide inhibiteur gastrique (GIP)** est sécrété par le duodénum lorsque des graisses et des glucides arrivent dans l'intestin grêle. Il ralentit le péristaltisme et la sécrétion acide de l'estomac.

Il sort quand il y a trop de sucre et du gras dans l'intestin

Made with Goodnotes

Quelques hormones jouent également un rôle important dans la régulation de l'appétit

J'AI FAIM

La **ghréline**, découverte en 1999, est sécrétée par l'estomac; c'est l'un des médiateurs qui déclenche la sensation de faim quand l'heure des repas approche. Chez les personnes qui suivent un régime amaigrissant, la concentration de ghréline augmente, ce qui expliquerait pourquoi il est si difficile de faire preuve de persévérance.

L'élévation de la glycémie après un repas stimule la sécrétion de l'**insuline** par le pancréas (voir la figure 41.20). En plus de ses autres fonctions, l'insuline inhibe l'appétit en agissant sur l'encéphale.

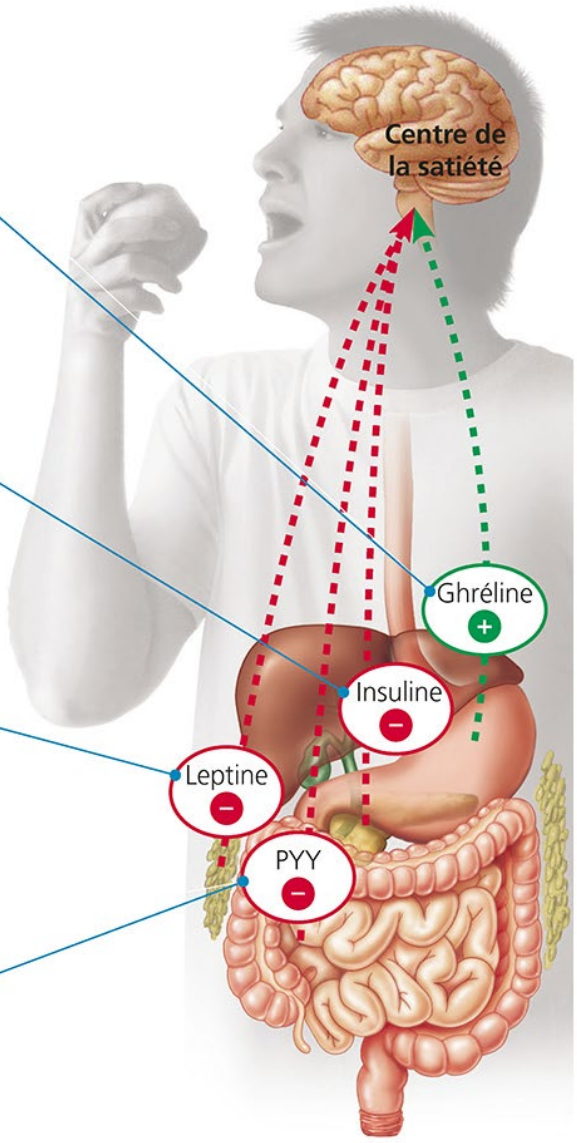
↗ glycémie
↗ insuline

ralentir l'appétit

La **leptine**, découverte en 1994, est produite par les cellules adipeuses; l'augmentation de sa concentration supprime l'appétit. Lorsque les graisses corporelles diminuent, la concentration de leptine baisse et l'appétit augmente.

↗ supprime l'appétit

Le PYY (pour peptide agissant sur les récepteurs de type Y2 de l'hypothalamus), découvert en 2002, est une hormone sécrétée par l'intestin grêle et le côlon après les repas; elle agit comme un suppresseur d'appétit et se comporte comme un antagoniste de la ghréline, qui stimule de l'appétit.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1037

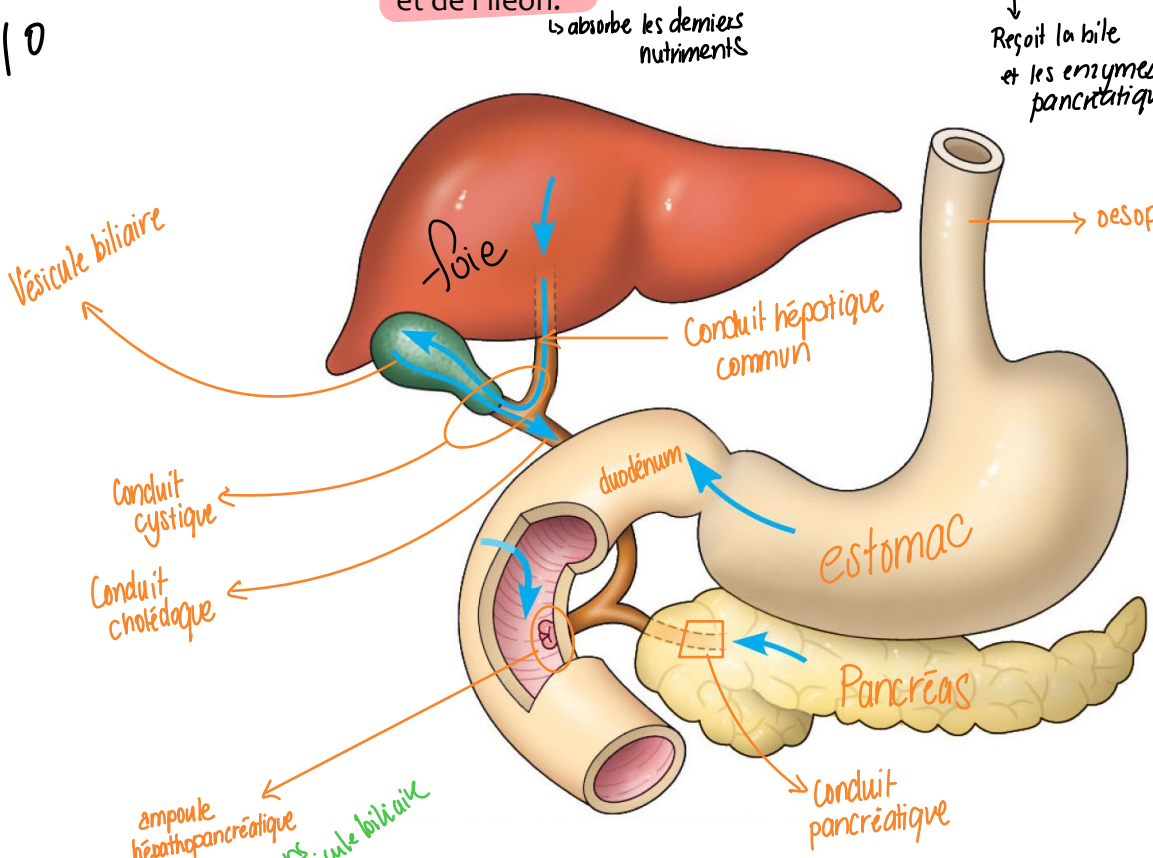
Made with Goodnotes

Quand la nourriture quitte estomac → devient une pâte semi-liquide appelée chyme

Le chyme acide en provenance de l'estomac s'écoule vers le duodénum. Nous allons maintenant aborder les mécanismes de la digestion qui se déroulent dans le petit intestin.

LE PETIT INTESTIN : chez l'humain, l'intestin grêle mesure plus de 6 mètres (c'est le segment le plus long du tube digestif). Le petit intestin est le principal organe de la digestion chimique ainsi que le principal site de l'absorption des nutriments. Il se compose du duodénum, du jéjunum et de l'iléon.

10



Il absorbe les derniers nutriments

Reçoit la bile et les enzymes pancréatiques

lieu principal de la digestion chimique et de l'absorption

elle est stockée dans la vésicule biliaire

produite par le foie

elle déverse enzymes digestifs et graisses

Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.931

La bile (via le conduit cholédoque) et les sucs pancréatiques (via le conduit pancréatique) sont déversés dans le duodénum au niveau de l'ampoule hépato-pancréatique afin de permettre la digestion chimique puis l'absorption des nutriments. C'est donc au fil des 6 mètres du petit intestin que se complète notre digestion des aliments et notre absorption des nutriments ainsi obtenus.

Sort du conduit cholédoque → déversé dans le duodénum

l'ampoule hépato pancréatique
Point où les 2 conduits se rejoignent (bile + sucs pancréatique)
elle agit comme "porte commune" avant que tout entre le duodénum

Rôle du pancréas :
Pancréas fabrique les sucs pancréatiques (mélange d'enzyme)
passent par le conduit pancréatique et arrive dans le duodénum aussi

Rôle des sucs pancréatiques :
Amylase → digère les glucides (Pain)
lipase → digère lipide
Protéases → digère protéine

Foie → Bile → duodénum via vésicule biliaire — Aide à digérer les graisses

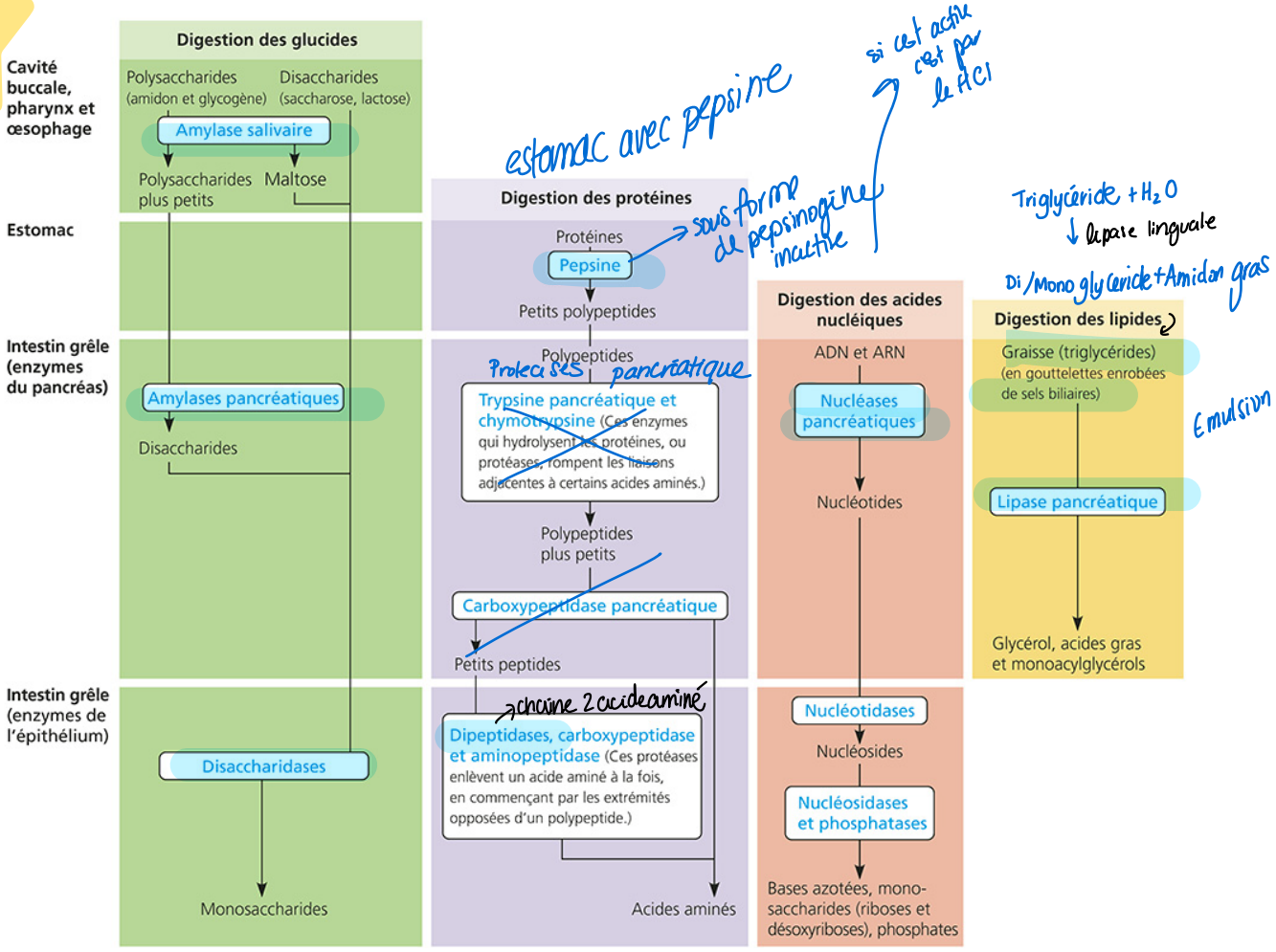
Pancréas → Sucs pancréatique → duodénum
↳ digèrent les lipides, glucide, protéine

Intestin grêle → enzyme → lui-même
intestinales
↳ Termine la digestion + absorption

Made with Goodnotes

Représentation schématique de la digestion enzymatique dans le système digestif humain

Notez que toutes les réactions présentées ici sont des hydrolyses.



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2012, p.1029

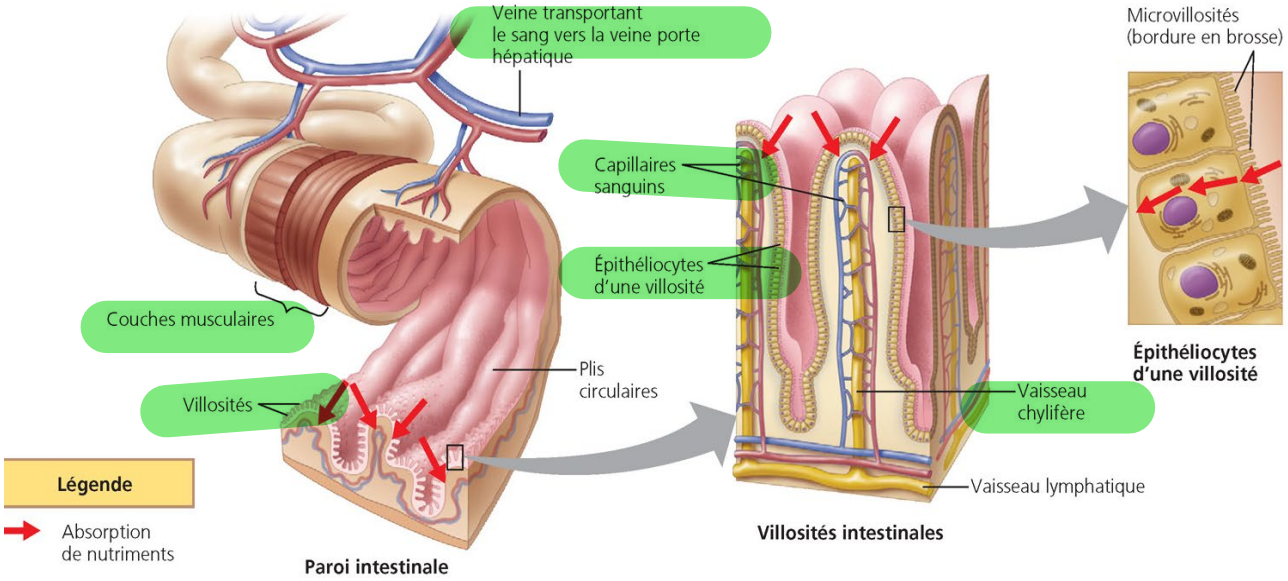
Les nutriments sont absorbés par la muqueuse intestinale et acheminés vers le sang et la lymphe. Les monosaccharides et les acides aminés se rendent directement dans les capillaires sanguins alors que les lipides voyagent plus via les chylomicrons dans les vaisseaux chylifères.

La digestion mécanique constituée de la **segmentation** et du **péristaltisme** favorise la bonne digestion chimique et l'absorption des nutriments dans l'intestin. Cette digestion mécanique permet également la progression des aliments du début à la fin du petit intestin.

Made with Goodnotes

La majeure partie de l'absorption des nutriments est effectuée dans le petit intestin. La surface d'absorption se doit donc d'être la plus grande possible. La formation de plis circulaires, de villosités et de microvillosités permet d'augmenter la surface de contact entre les nutriments et la membrane des cellules de la paroi intestinale.

bcp de plis



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.931

Cette absorption est généralement passive mais de nombreuses protéines de diffusion facilitée sont impliquées. Les monomères seront ensuite acheminés vers les vaisseaux sanguins et lymphatiques des villosités par transport actif ou passif.

Le sang riche en nutriments est acheminé directement au foie via la veine porte hépatique. La lymphe grasse (aussi appelée chyle) est acheminée via les vaisseaux lymphatiques à la veine sous-clavière gauche ; à cet endroit les chylomicrons sont déversés dans le sang qui ira éventuellement vers le foie et les autres tissus.

Made with Goodnotes

En plus de produire la bile essentielle à l'émulsification des graisses, le foie joue plusieurs rôles importants dans l'organisme. Nous aborderons ici les principaux rôles du foie en relation avec la digestion et l'alimentation.

[1] glucose sanguin

1. Régulation de la concentration du glucose sanguin sous l'influence des hormones pancréatiques :
   En présence d'insuline pancréatique, le foie absorbe le glucose sanguin pour le transformer en glycogène (polysaccharide). Ce processus se nomme glycogenèse.
   ↳ la forme de glucide
   En présence de glucagon pancréatique, le foie favorise l'hydrolyse des réserves de glycogène et libère ainsi du glucose dans le sang. Ce processus se nomme glycogénolyse.
   coupe

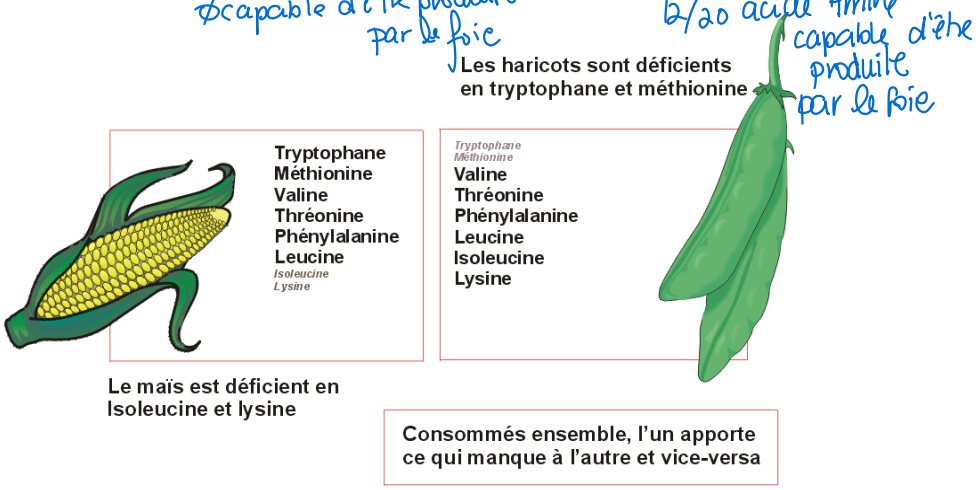
2. Modification, dégradation et stockage des lipides (ex. : synthèse du cholestérol).
   → produit les lipides pour les membranes des cellules

3. Synthèse et dégradation de diverses protéines (ex. : formation de l'urée, transamination pour former les acides aminés non-essentiels, dégradation de l'hémoglobine).

N.B. : 8 des 20 acides aminés sont essentiels et doivent donc être consommés dans l'alimentation.

8/20 d'acide aminé capable d'être produite par le foie

12/20 acide Amine capable d'être produite par le foie



Tirée d' «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.970

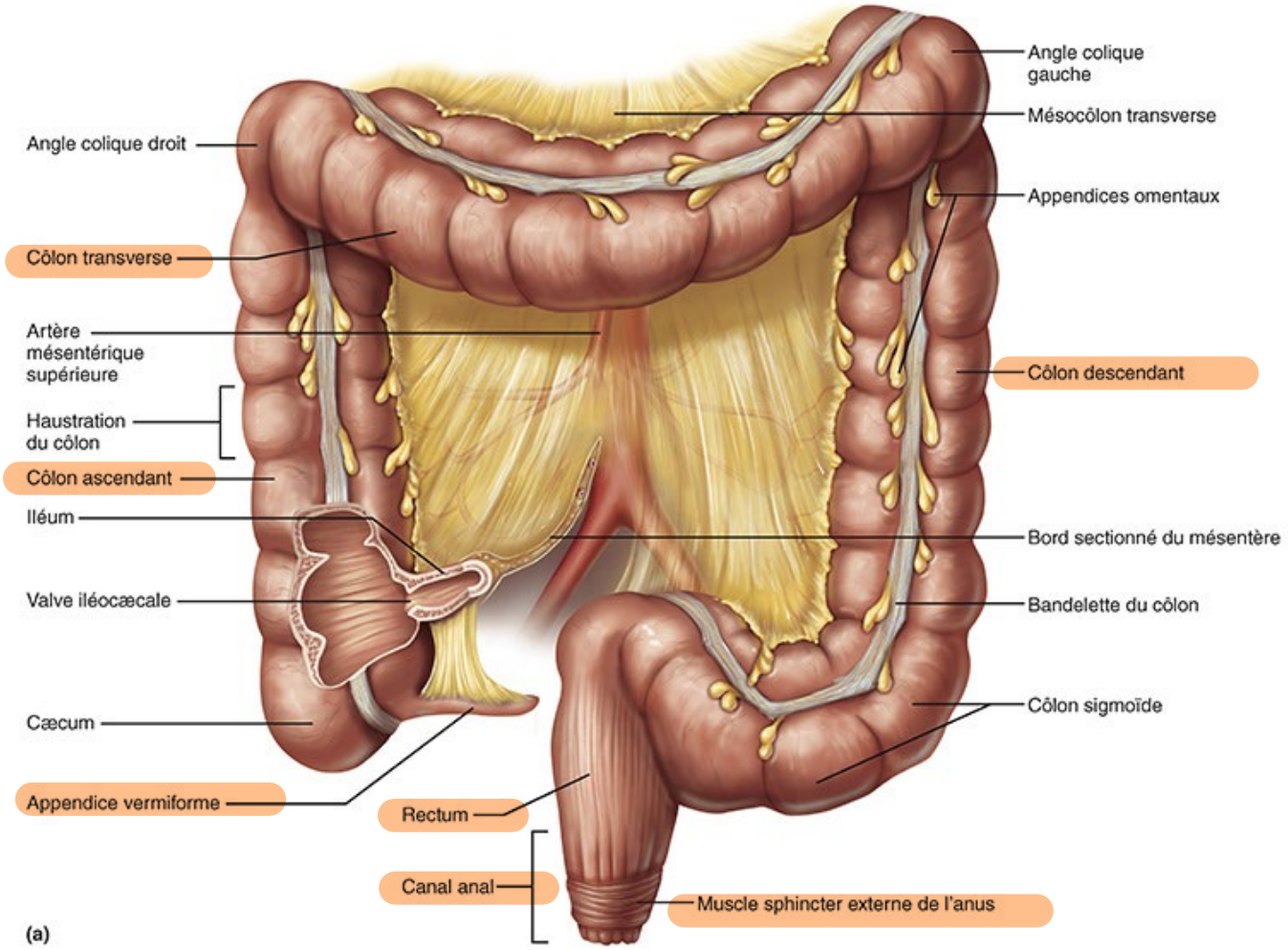
4. Emmagasine des réserves de diverses vitamines et minéraux.

5. FILTRATION ET DETOXIFICATION DE MULTIPLES MOLÉCULES EX : ACIDE LACTIQUE, ALCOOL, MÉDICAMENT, ECT

Made with Goodnotes

LE GROS INTESTIN : Le gros intestin se subdivise en cinq sections : le cæcum, l'appendice, le côlon, le rectum et le canal anal.

Les processus de la digestion se terminent dans ce segment qui assume diverses fonctions telles que la réabsorption de l'eau, la formation des matières fécales et l'hébergement de plusieurs bactéries mutualistes qui fournissent des vitamines K et E en échange d'un lieu chauffé avec apport de nutriments !

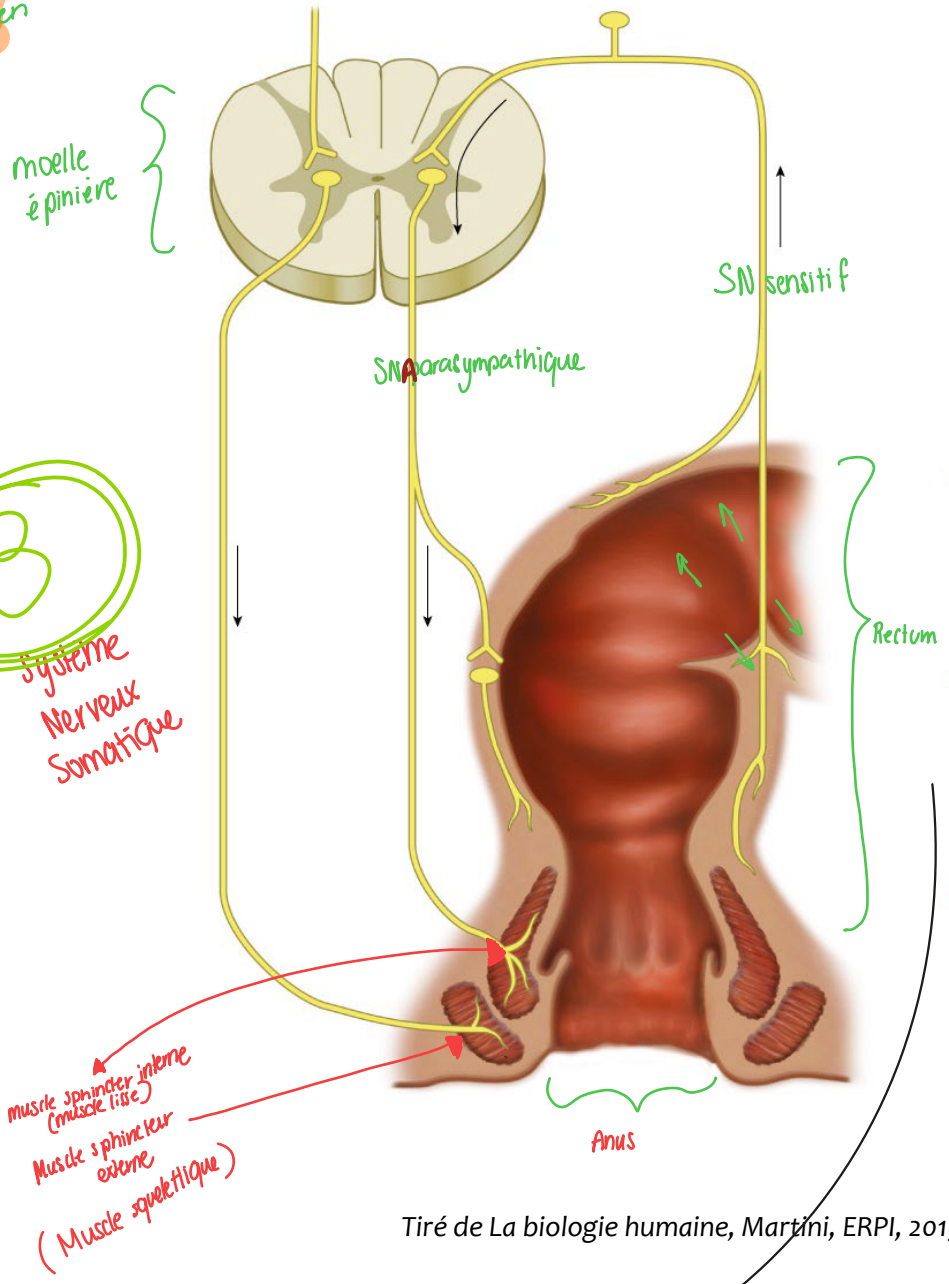


Tirée de « Anatomie et physiologie humaines », Marieb, 2015, fig. 23.29

Made with Goodnotes

Le réflexe d'évacuation

Examen



Détection du besoin d'aller à la selle

- quand les matières fécales arrivent dans le rectum, elles étirent ses parois
- Ces étirements est détecté par des mécano récepteurs (capteurs sensibles à la pression)
- Ces récepteurs envoient un signal nerveux afférent (sensitif) vers la moelle épinière

1. Les mécanorécepteurs détectent l'étirement de la paroi du rectum.
2. Le SNA parasympathique favorise la contraction du rectum et le relâchement du sphincter interne de l'anus.
3. Le SN somatique favorise le relâchement du sphincter externe et la défécation OU sa contraction et le délai de l'évacuation.

Tiré de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.460

Réponse automatique du Système Nerveux parasympathique

- moelle épinière envoie un signal moteur réflexe via le système nerveux autonome parasympathique

Ce signal provoque :

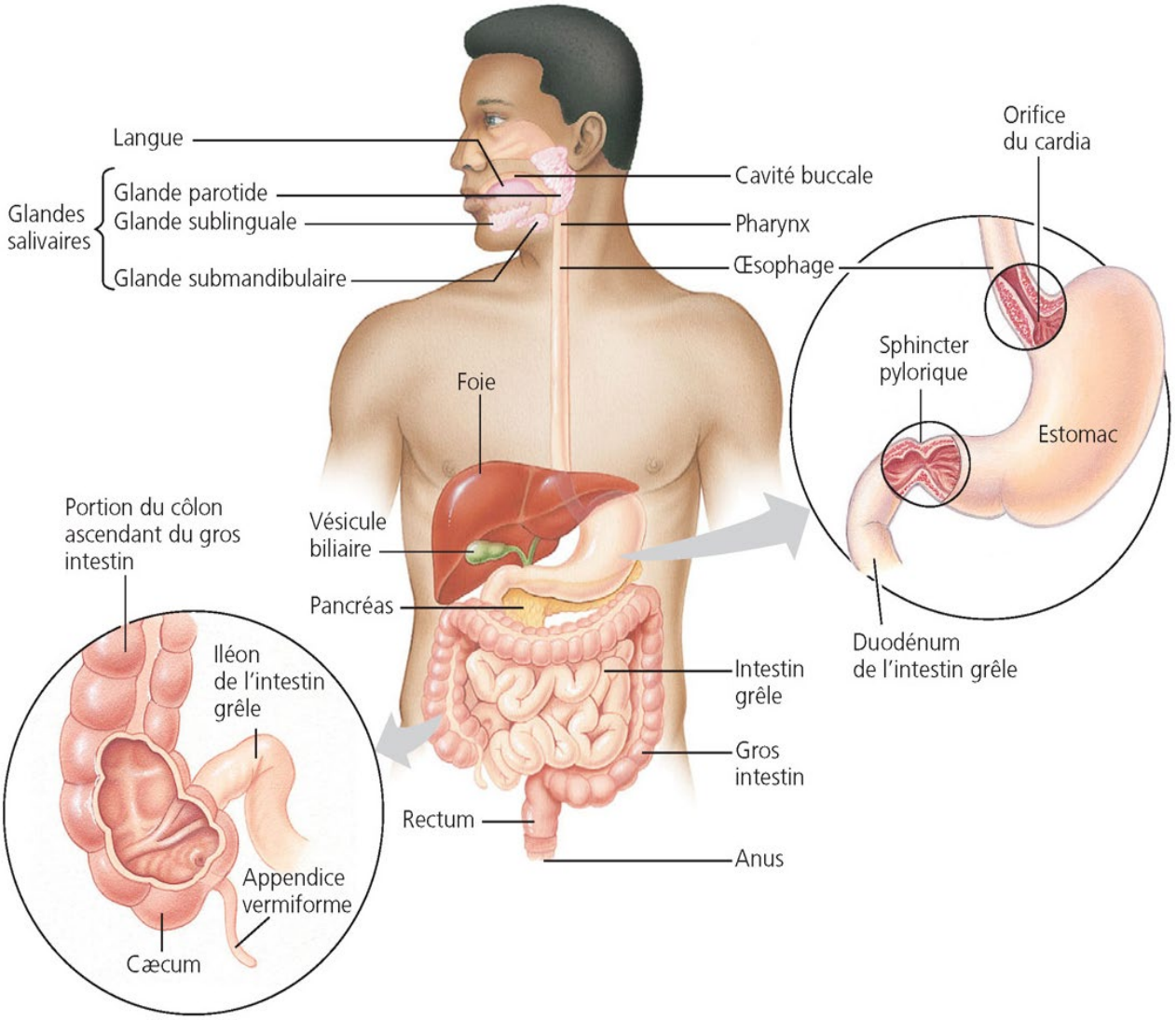
- Contraction du rectum → pousse matière vers le bas
- Relâchement du sphincter interne de l'anus

Contrôle volontaire par le système nerveux somatique

- le sphincter externe de l'anus, lui, est sous contrôle volontaire → tu peux le contracter et relâcher
- le système nerveux somatique décide :
- Soit de relâcher le sphincter externe la défécation se produit
- Soit de le contracter → on retarde l'évacuation jusqu'à un moment approprié

Made with Goodnotes

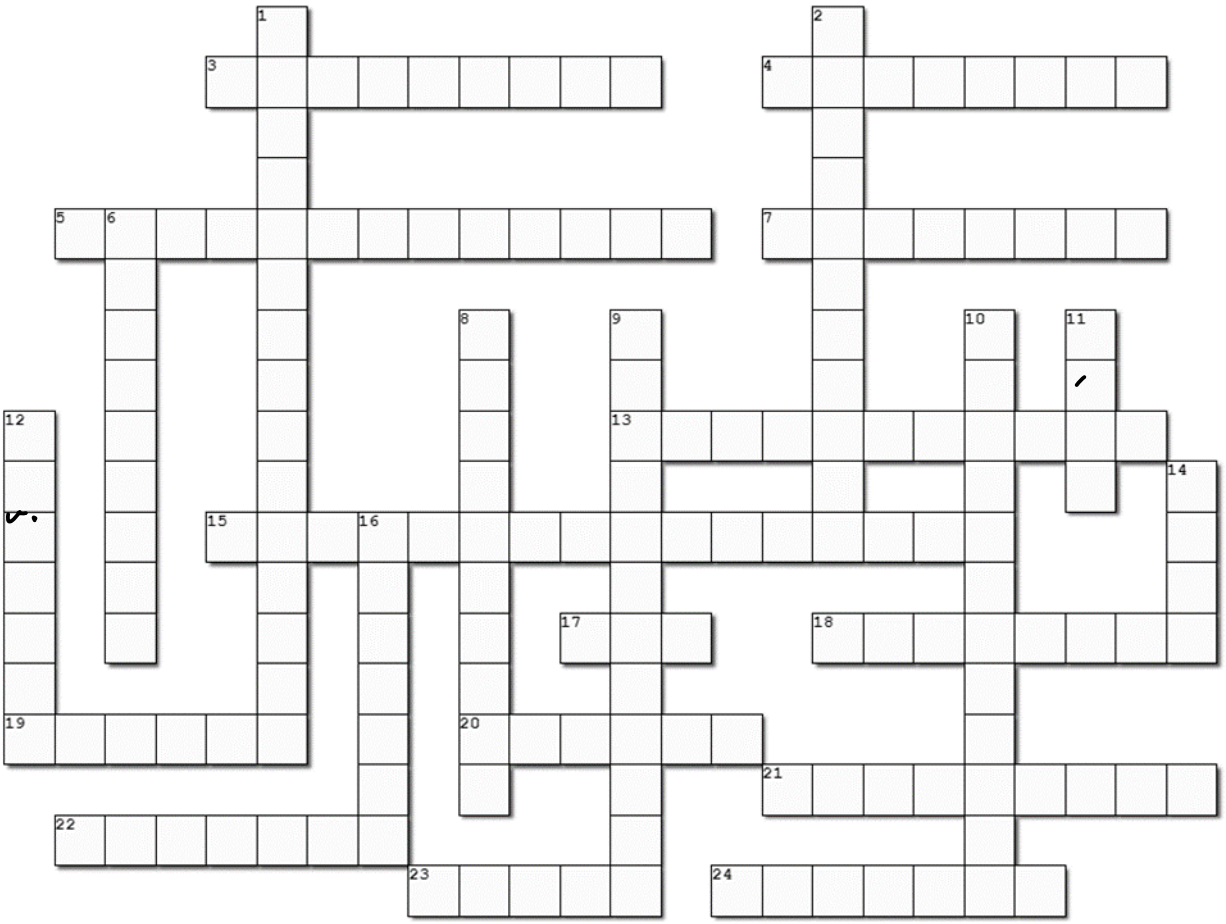
Le système digestif de l'être humain



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.926

Made with Goodnotes

Révision sur le système digestif :



Horizontal

3. cellule qui produit le HCl des sucs gastriques
4. glande salivaire sous l'oreille
5. contractions musculaires qui propulsent la nourriture de la bouche à l'anus
7. se dit du péritoine qui enrobe les organes
13. molécule sécrétée par les cellules principales des glandes gastriques
15. hormone qui stimule la libération d'hydrolases par le pancréas
17. réactif essentiel aux réactions d'hydrolyse
18. conduit de la vésicule biliaire
19. glycoprotéine de la salive
20. enzyme qui hydrolyse les triglycérides
21. se dit du vaisseau lymphatique d'une villosité
22. couche de tissu conjonctif qui enrobe le tube digestif
23. substance qui protège la muqueuse de l'estomac
24. carrefour des voies respiratoires et digestives

Vertical

1. division du SNA qui stimule la production de sucs gastriques
2. processus de digestion mécanique dans la bouche
6. Structure qui s'abaisse lors de la déglutition pour refermer les voies respiratoires
8. cellule qui produit le pepsinogène
9. structure du SNC qui régule l'appétit
10. digestion mécanique du petit intestin
11. tissu conjonctif qui accueille les nutriments
12. **second** segment du petit intestin
14. organe qui produit la bile
16. hormone qui supprime l'appétit

Made with Goodnotes

5. Le système cardiovasculaire

Introduction

Les humains doivent effectuer des échanges avec leur environnement. De plus, les nutriments doivent être oxydés à l'intérieur des mitochondries afin de produire l'énergie nécessaire à leur survie et leur développement. Pour franchir l'obstacle de la membrane cellulaire, toutes les substances doivent se trouver sous forme de solutés dans l'eau ; les milieux intracellulaire et extracellulaire sont donc des milieux aqueux. La diffusion d'un soluté dans l'eau est cependant un mécanisme plutôt lent. C'est pourquoi nous avons développé un système circulatoire élaboré favorisant le déplacement des liquides internes. La prochaine section du cours anatomie et physiologie humaines nous permettra de nous pencher sur le système cardiovasculaire.

Objectifs spécifiques

1) Décrivez l'anatomie du cœur de l'humain
2) Décrivez les structures de la cage thoracique
3) Expliquez la révolution cardiaque en spécifiant les causes des bruits cardiaques.
4) Décrivez le tracé normal de l'ECG
5) Décrivez les différents mécanismes (nerveux, endocrinien, retour veineux et variation de températures) qui influencent la fréquence cardiaque.
6) Distinguez fréquence et débit cardiaque. À partir de données simples ; effectuez le calcul du débit cardiaque.
7) Décrivez la structure des veines, des artères et des capillaires.
8) Dans le système circulatoire humain, le sang ne s'écoule pas à une vitesse constante. Décrivez les variations de vitesse de la circulation sanguine dans les différentes portions du système
9) La vitesse de circulation sanguine atteint sa valeur la plus basse dans les capillaires. Cela favorise les échanges au niveau des tissus. Expliquez les mouvements du liquide permettant ces échanges dans les capillaires.

Made with Goodnotes

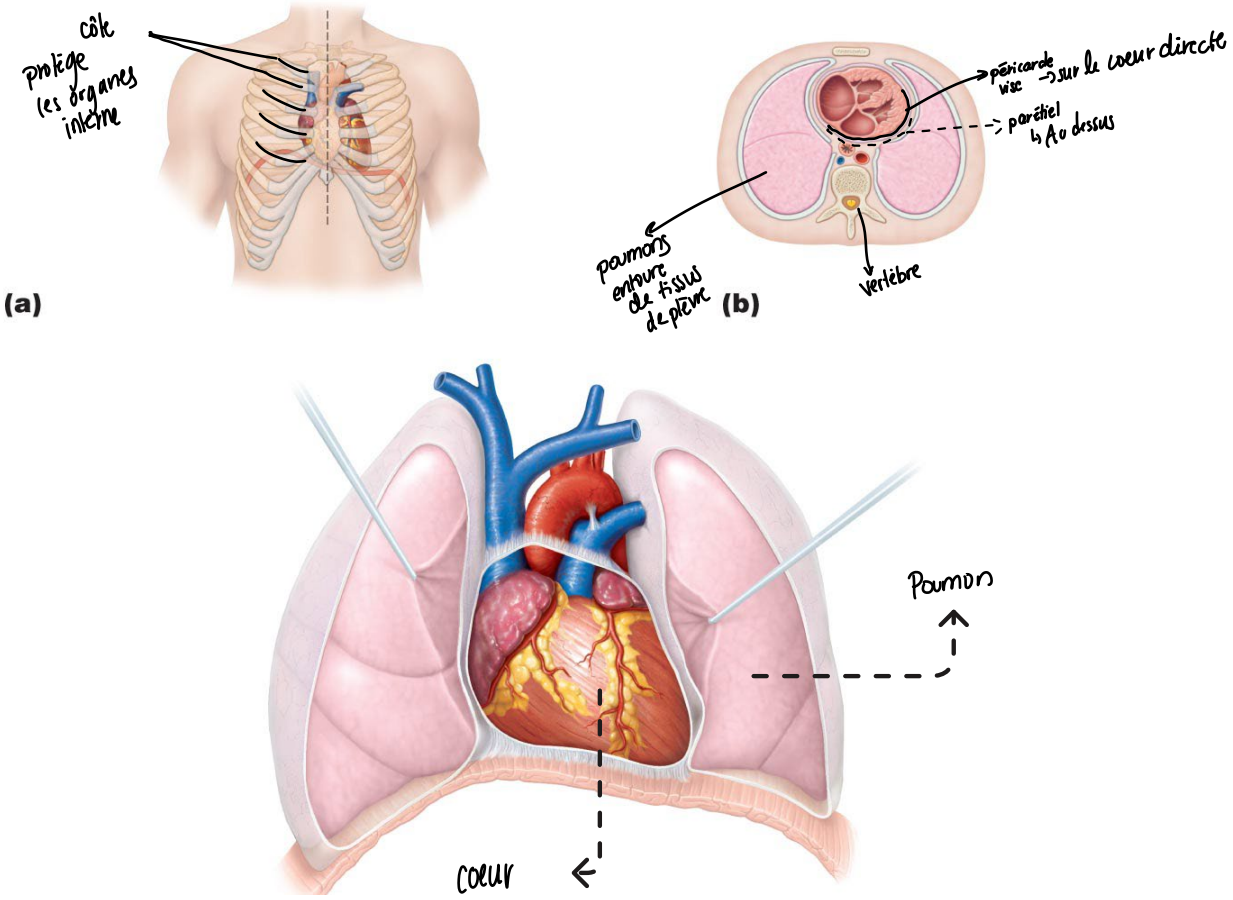
↳ pompe qui sert à faire circuler le sang dans tout ton corps, taille d'un poing

Le cœur est la pompe, l'organe central du système circulatoire. Sa fonction essentielle est de pomper le sang. Le cœur de l'humain a la taille d'un poing, il se situe **sous le sternum** et est entouré de membranes : **les péricardes viscéral et pariétal.**

→ protège le cœur et poumons comme une armure

→ protège les organes internes

Exercice : Identifiez le cœur, les poumons, les côtes, le diaphragme, le sternum et la colonne vertébrale sur l'un des trois schémas suivants.

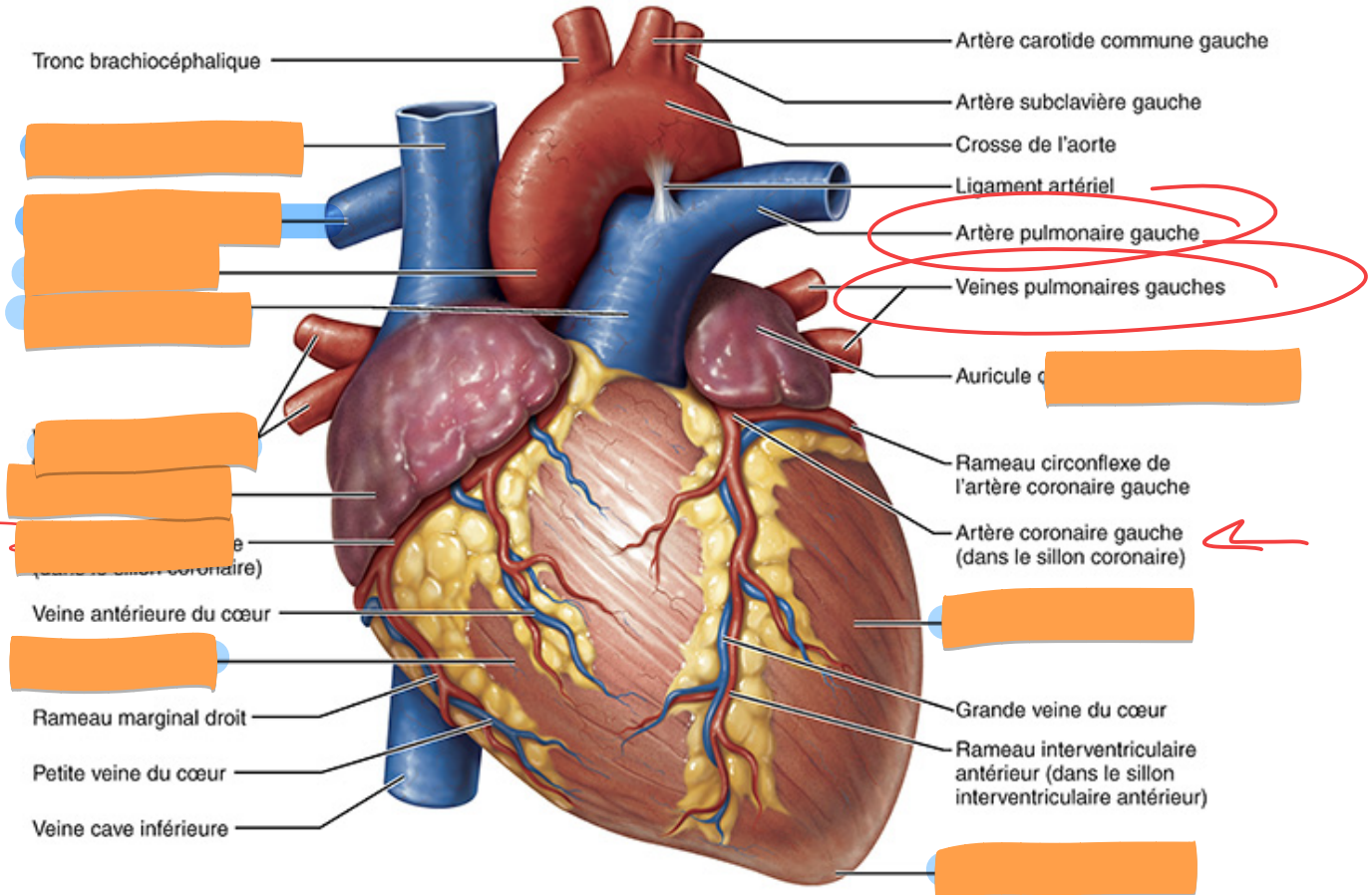


Tirée de « Anatomie et physiologie humaines », Marieb, 2019, p. 773

Made with Goodnotes

À Retentir : Direction du Sang :
Sortie du cœur ♡ : Artère
Entrée du cœur ♡ : Veine

Figure de l'anatomie externe du cœur :



Vaisseau coronaire

Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI,2015, p. 782

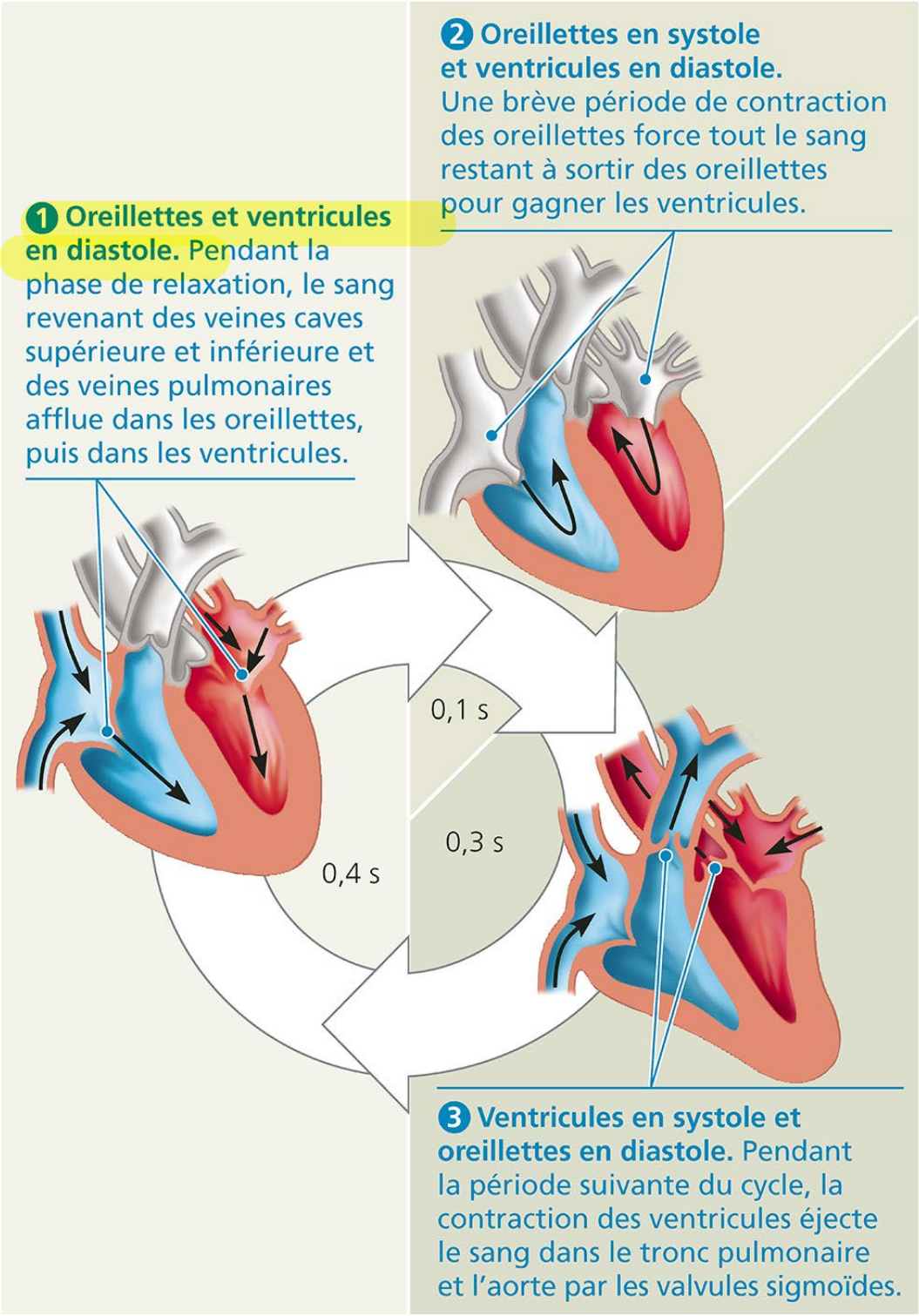
pointe du coeur

Le cœur de l'être humain effectue en moyenne de 65 à 80 révolutions (battements) par minute. La fréquence cardiaque est généralement plus élevée chez les petites personnes qui ont un petit cœur et plus lente chez les gens de taille plus imposante. Les limites de la normale se situent entre 60 et 100.

↓ Ça dépend de chaque personne si tu un petit coeur ++ battement

Made with Goodnotes

Révolution cardiaque

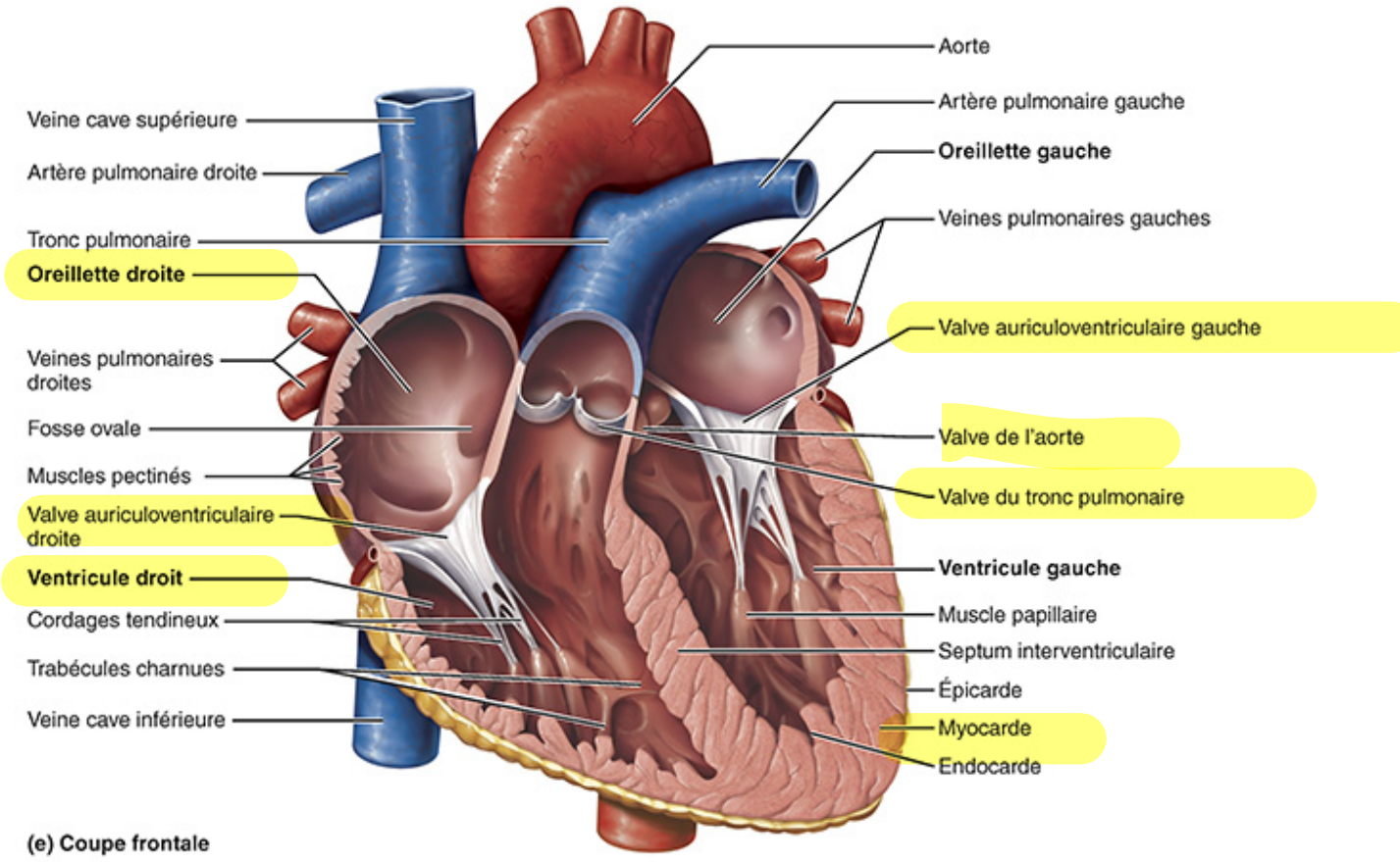


Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2012, p.1049

Chez un individu en santé, on peut distinctement entendre les bruits (to-toc) du cœur associés à chaque révolution à l'aide d'un stéthoscope. Ces bruits correspondent au reflux du sang qui entraîne la fermeture des valves du cœur.

Made with Goodnotes

Figure de l'anatomie interne du cœur :



Anatomie et physiologie humaines, Marieb, ERPI, 2015

Vu de face, on peut très bien distinguer la **valve auriculoventriculaire gauche** formée de deux sections (bicuspides) et **la valve auriculoventriculaire droite formée** de trois sections (tricuspides).
La valve auriculoventriculaire gauche se nomme aussi **valve mitrale.**

Les **valves de l'aorte et du tronc pulmonaire** sont formées de trois valvules semi-lunaires qui s'emboîtent parfaitement lorsque les valves sont fermées.

Made with Goodnotes

Exercice : Calculez le débit cardiaque dans l'exercice suivant.

→ Repos = le coeur rempli

dans la contraction reste 50mL

Si le volume télédiastolique est de 150 mL, le volume télésystolique de 50 mL et la fréquence cardiaque de 60 battements par minute, le débit cardiaque sera de :

volume dans le sang

$$\frac{(150mL - 50mL)}{1batt.} \times \frac{60batt}{min} = 6000mL/min$$

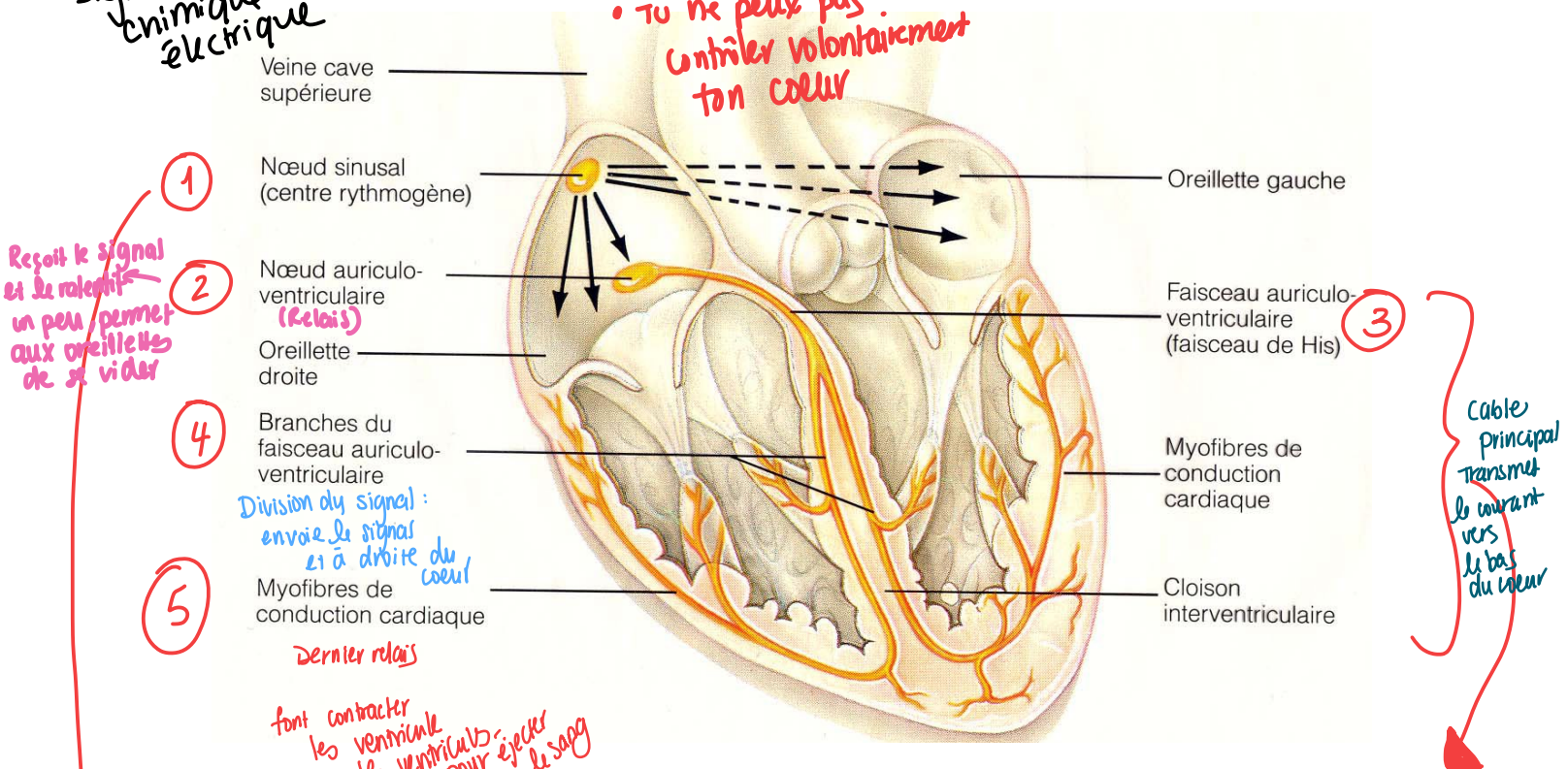
La **fréquence cardiaque** varie chez un individu sans que celui-ci puisse contrôler volontairement ces variations.

Les cellules cardiaques sont en fait **excitables intrinsèquement** (i.e. ce sont des cellules musculaires striées cardiaques qui peuvent se contracter sans stimulation initiale de l'influx nerveux). La contraction de ces différentes cellules doit toutefois être bien coordonnée afin d'assurer un mouvement efficace du cœur.

- On dit qu'elles sont → elles peuvent s'activer tout seules
- Tu ne peux pas contrôler volontairement ton coeur

Trajet de l'excitation dans le cœur :

Signaux chimique électrique



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.674

- Les cellules du nœud sinusal se dépolarisent
- La dépolarisation se transmet aux cellules musculaires des oreillettes
- Les oreillettes se contractent

(2) la dépolarisation atteint le noeud auriculo-ventriculaire

(3-4) la dépolarisation se transmet au faisceau auriculo-ventriculaire (de His)

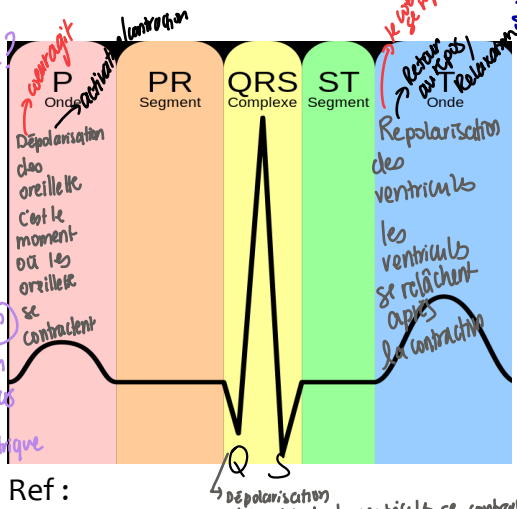
(5) La dépolarisation se transmet à l'ensemble des cellules musculaires des ventricules
Les ventricules se contractent

Made with Goodnotes

On peut enregistrer l'excitation nerveuse des cellules cardiaques qui est en fait un mouvement ionique suite à une variabilité de la perméabilité membranaire des cellules. Cette variabilité se propage d'une cellule du cœur à l'autre et produit un champ électrique. En appliquant des électrodes aux bons endroits on peut donc mesurer ces différences de charge à l'aide d'un électrocardiographe (ou d'un simple polygraphe).

On obtient ainsi un tracé nommé **électrocardiogramme (ECG).**

Tracé de l'ECG typique :



Ref : https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89lectrocardiographie#/media/Fichier:EKG_Complex_fr.svg

Onde P : Dépolarisation des oreillettes

QRS : Dépolarisation des ventricules

Onde T : Repolarisation des ventricules.

L'excitation du nœud sinusal s'effectue seule à une certaine fréquence (la fréquence de base ou endogène du cœur). Mais, à l'intérieur d'un individu, la fréquence **endogène** du cœur est toujours influencée par des intervenants externes :

Fréquences cardiaques au repos :

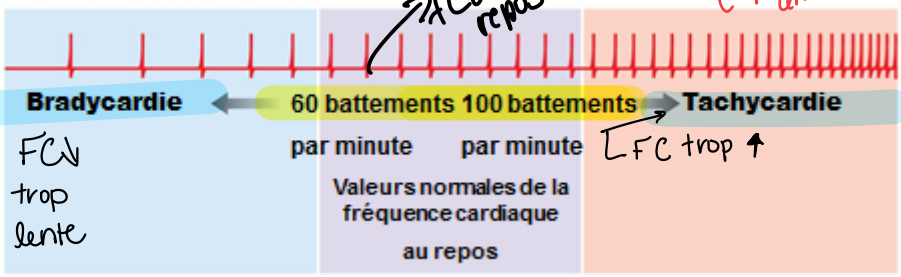


Image tirée de ppt modifiable ERPI, 2015

Made with Goodnotes

Facteurs qui influencent la fréquence cardiaque :

1. Le système nerveux autonome (sympathique et parasympathique) :

S

Le SNA sympathique libère la noradrénaline sur les récepteurs adrénergiques B_1 du cœur. Cela entraine une excitation et donc une augmentation de la fréquence et de l'amplitude des contractions cardiaques.

P

Le SNA parasympathique libère l'acétylcholine sur les récepteurs muscariniques du cœur. Cela entraine une inhibition et donc une réduction de la fréquence et de l'amplitude des contractions cardiaques.

2. Les hormones :

H

L'adrénaline sécrétée par la médullo-surrénale se fixe sur les récepteurs adrénergiques B_1 du muscle cardiaque. Cela entraine une excitation et donc une augmentation de la fréquence et de l'amplitude des contractions cardiaques.

3. La température corporelle :

T

↗FAC

Une augmentation de la température corporelle entraîne une augmentation de la fréquence cardiaque et vice-versa. En fait, une augmentation de 1°C entraîne une augmentation de 10-20 battements par minute.

4. L'exercice :

E

↗FC

L'exercice favorise les contractions musculaires et donc l'augmentation du retour veineux. Le cœur se remplit alors plus rapidement ce qui favorise une augmentation de la fréquence cardiaque.

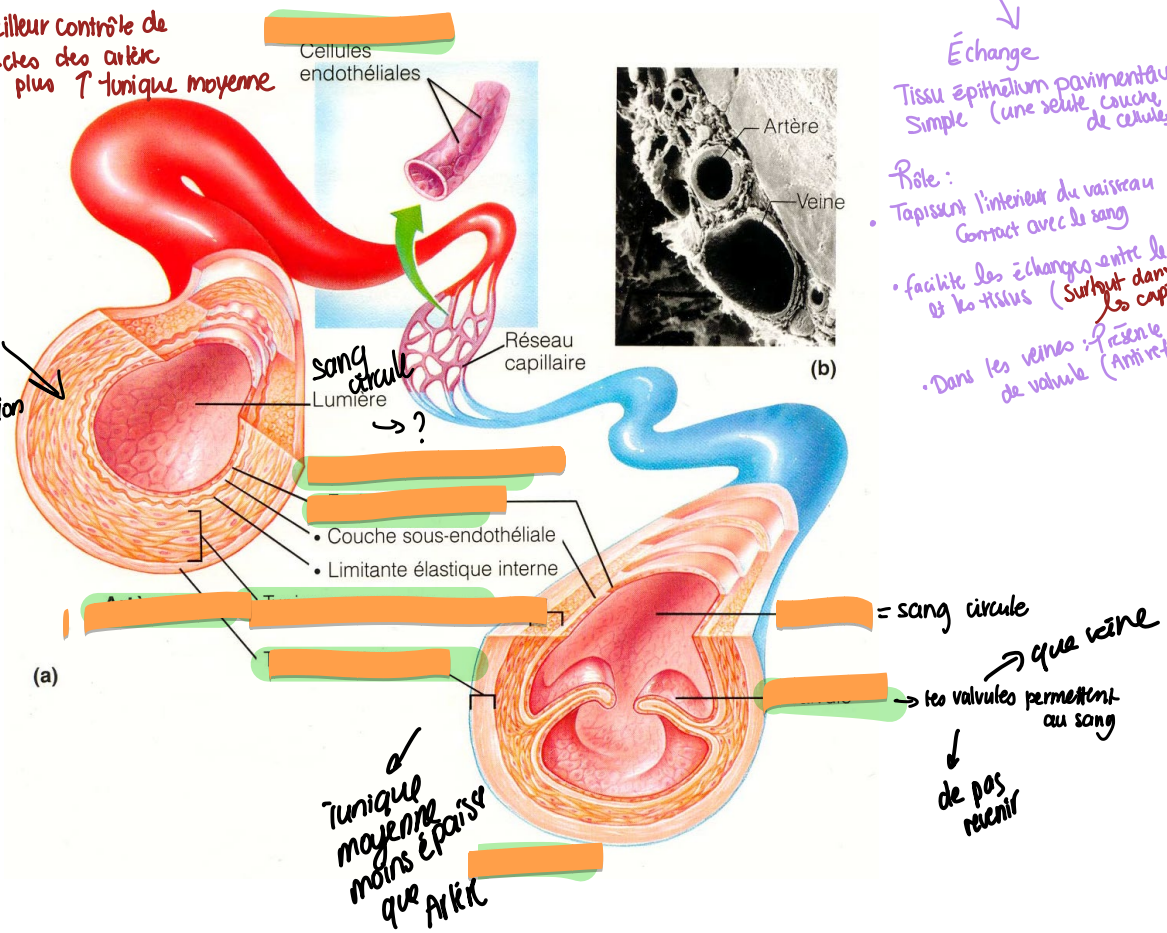
Made with Goodnotes

En plus du cœur, le système circulatoire comprend les vaisseaux sanguins. Parmi les plus gros de ces vaisseaux on retrouve les artères et les veines.
La paroi de ces vaisseaux comprend toujours trois couches (tuniques). Les capillaires microscopiques possèdent une seule tunique.
Chaque tunique est composée d'un tissu différent et assume une ou plusieurs fonction(s) différente(s).

I. **Tunique externe :** formée de tissu conjonctif, cette tunique élastique est riche en collagène et particulièrement développée dans les vaisseaux sanguins qui subissent une forte pression sanguine. Elle permet de résister à la pression sanguine.

II. **Tunique moyenne :** formée de muscles lisses et de fibres élastiques, cette tunique est particulièrement développée dans les grosses artères. Elle est parfois si épaisse qu'elle doit elle-même être vascularisée. Elle permet de résister à la pression sanguine et de varier l'afflux sanguin par vasodilatation et vasoconstriction.

III. **Tunique interne :** formée par un épithélium pavimenteux simple (une seule couche de cellules), cette tunique nommée endothélium est présente dans tous les vaisseaux sanguins et peut parfois comporter des valvules à l'intérieur des grosses veines. Dans les capillaires l'endothélium est le lieu des échanges avec les tissus.



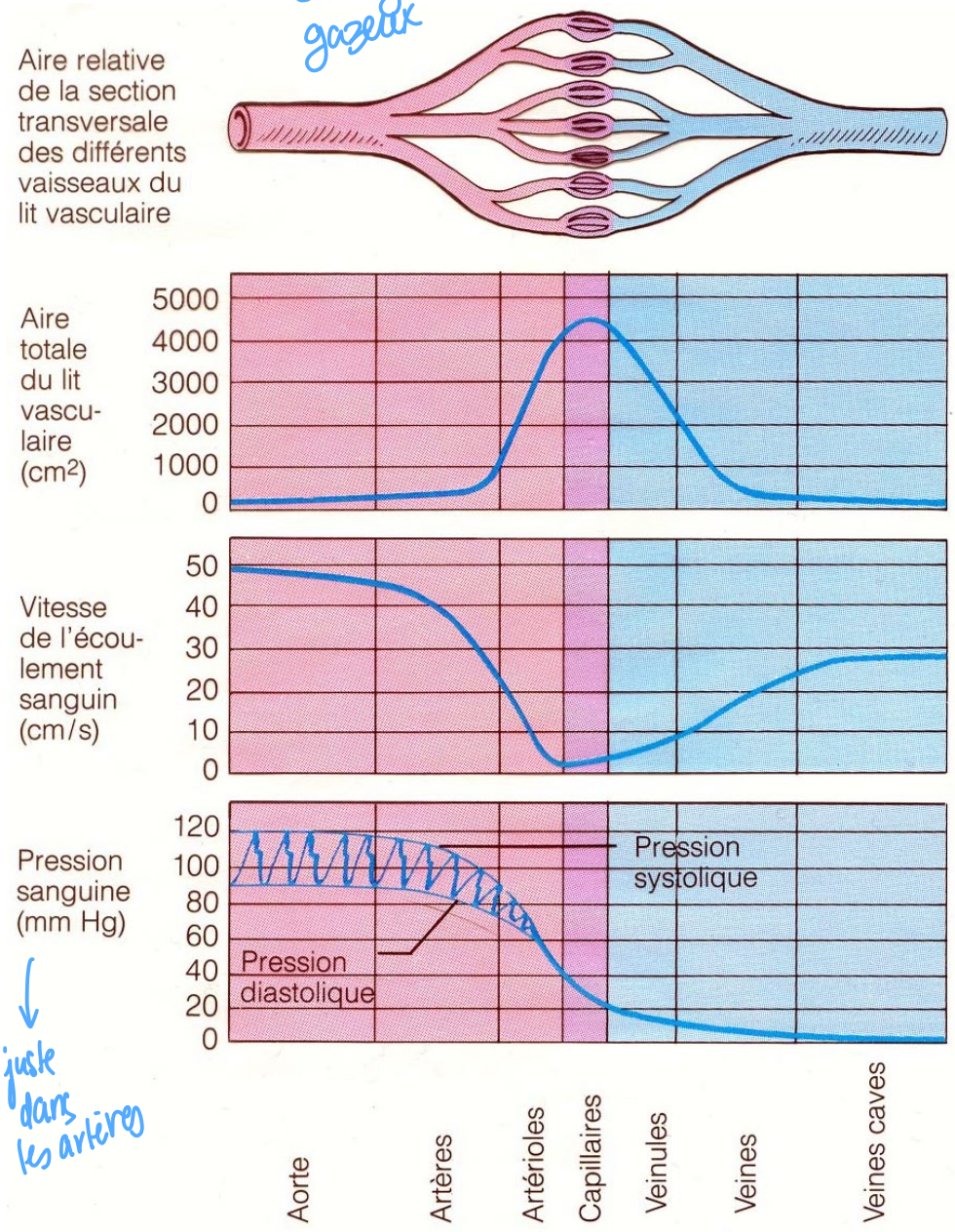
Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaine», Marieb, ERPI, 1999, p.694

Made with Goodnotes

À sa sortie du cœur le sang pénètre dans l'aorte où il s'écoule à vive allure (Vmax= 2 m/s). Sa vitesse d'écoulement changera ensuite selon la **loi de la continuité**. Selon cette loi on sait que la quantité de sang qui s'écoule (par seconde) dans les différents vaisseaux sanguins varie peu.

Écoulement du sang dans les vaisseaux sanguins

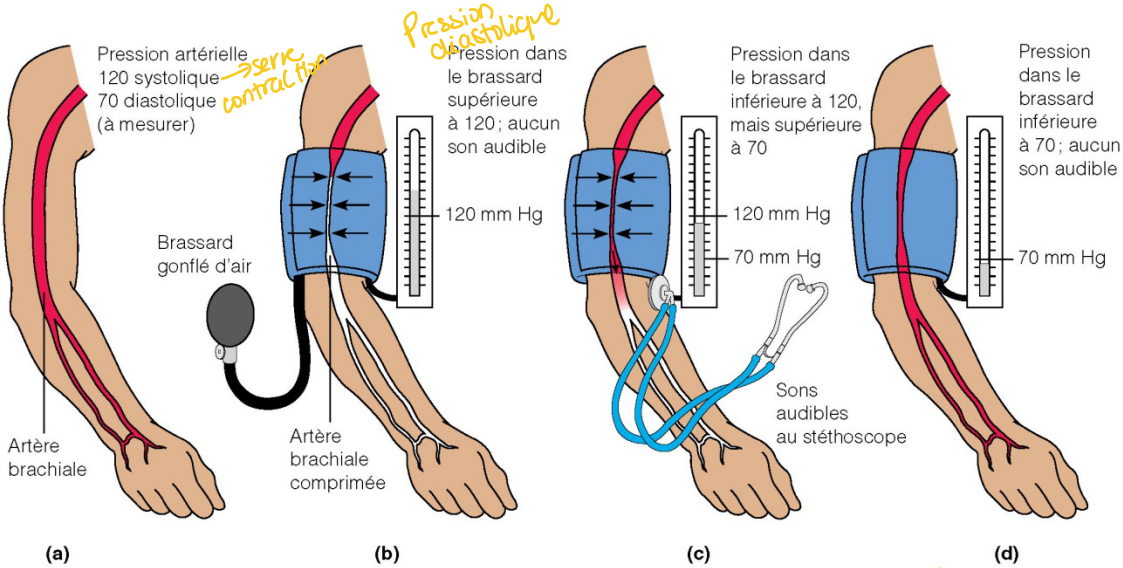
Aorte → Artère → Artérioles → Capillaires → Veinule → Veine → Veines caves → Retour au coeur



Adaptée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2004, p.826

Made with Goodnotes

La pression sanguine est donc maximale dans les grosses artères et elle diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cœur. Dans les grosses veines les valvules permettront la circulation à sens unique du sang. Dans les grosses artères la pression sanguine oscille entre la pression systolique (maximale) et la pression diastolique.



Tirée de Biologie humaine, 2008, p. 413

Plusieurs facteurs peuvent faire varier la pression sanguine chez un individu. Parmi ceux-ci on retrouve :

1. **Le système nerveux autonome :** Le SNA sympathique peut favoriser la vasoconstriction des artères (N.B. : Jamais pour les artères de l'encéphale et du cœur.)

2. **Les facteurs rénaux :** Si la pression sanguine est trop faible, les reins produisent la rénine qui favorise la réabsorption de sodium et donc l'augmentation du volume sanguin et de la pression sanguine. Si la pression sanguine est trop forte le facteur natriurétique auriculaire produit par les oreillettes favorise l'élimination de l'eau dans l'urine et donc la chute de la pression sanguine.

3. **La température :** Le froid favorise la vasoconstriction et le chaud la vasodilatation.

4. **Les substances chimiques :** La **nicotine** augmente la pression sanguine. **L'alcool et l'histamine** favorisent la vasodilatation.

5. **Le régime alimentaire :** Trop de sels et/ou de gras favorisent l'augmentation de la pression sanguine.

On peut remarquer sur cette figure que la vitesse d'écoulement dans les capillaires diminue plus que ce que l'on pourrait prévoir en tenant compte exclusivement de l'augmentation de l'aire. Cette réduction supplémentaire de la vitesse d'écoulement est due à l'augmentation de la friction du sang sur les parois de l'endothélium dans ces vaisseaux microscopiques.

C'est dans les capillaires que la vitesse d'écoulement du sang est minimale. Cette petite vitesse, combinée à une pression de quelques 2,7 à 5,3 kPa (20 à 40 mm de mercure) permet d'effectuer des échanges efficaces entre le plasma sanguin et le liquide interstitiel.

Les échanges entre le sang et le liquide interstitiel sont effectués à travers l'endothélium du capillaire sous l'effet de certaines forces. L'endothélium constitue un obstacle au passage du liquide. Il laisse passer l'eau et les petits solutés mais emprisonne les cellules sanguines et les grosses protéines plasmatiques dans les vaisseaux sanguins.

Examen

Ce mouvement du liquide peut se faire entre les cellules endothéliales ou carrément à travers ces cellules.

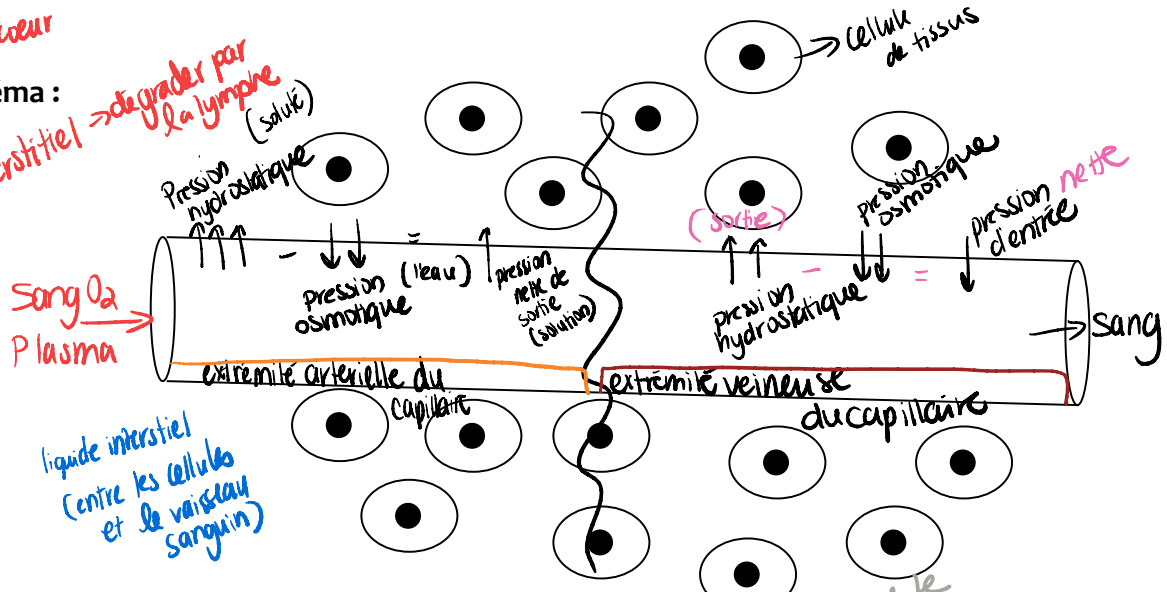
Pression hydrostatique + ↑ côté artériel
− ↑ veineux

Pression osmotique = stable

influence par les contractions du cœur

Schéma :

99 % revient 1 % du liquide interstitiel → dégradé par la lymphe



→ eau → électrolyte → nutriment
EDENH → hormone
↳ dioxygène

À l'extrémité artérielle :

Une partie de l'eau, du dioxygène, des nutriments, des hormones, des électrolytes … sortent du capillaire.

À l'extrémité veineuse :

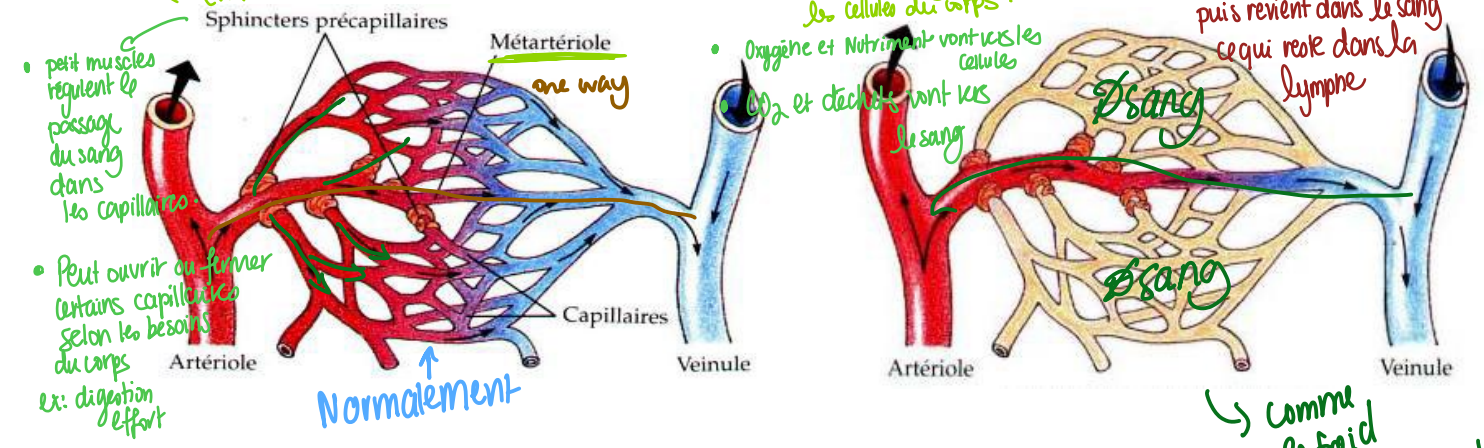
Une partie de l'eau, du CO_2, des déchets, des hormones, des électrolytes … retournent au capillaire.

→ électrolyte
EDECH → hormone
↓ → CO2
eau déchet

retournent capillaire

Made with Goodnotes

Les sphincters précapillaires régulent le passage du sang dans les lits capillaires. Une certaine quantité de sang passe directement des artérioles aux veinules par l'intermédiaire de capillaires appelés métartérioles. Celles-ci sont toujours ouvertes.



Tirées de «Biologie», Campbell, ERPI, 2004, p.961

Environ 99% du liquide qui sort du capillaire à l'extrémité artérielle y retourne à l'extrémité veineuse.

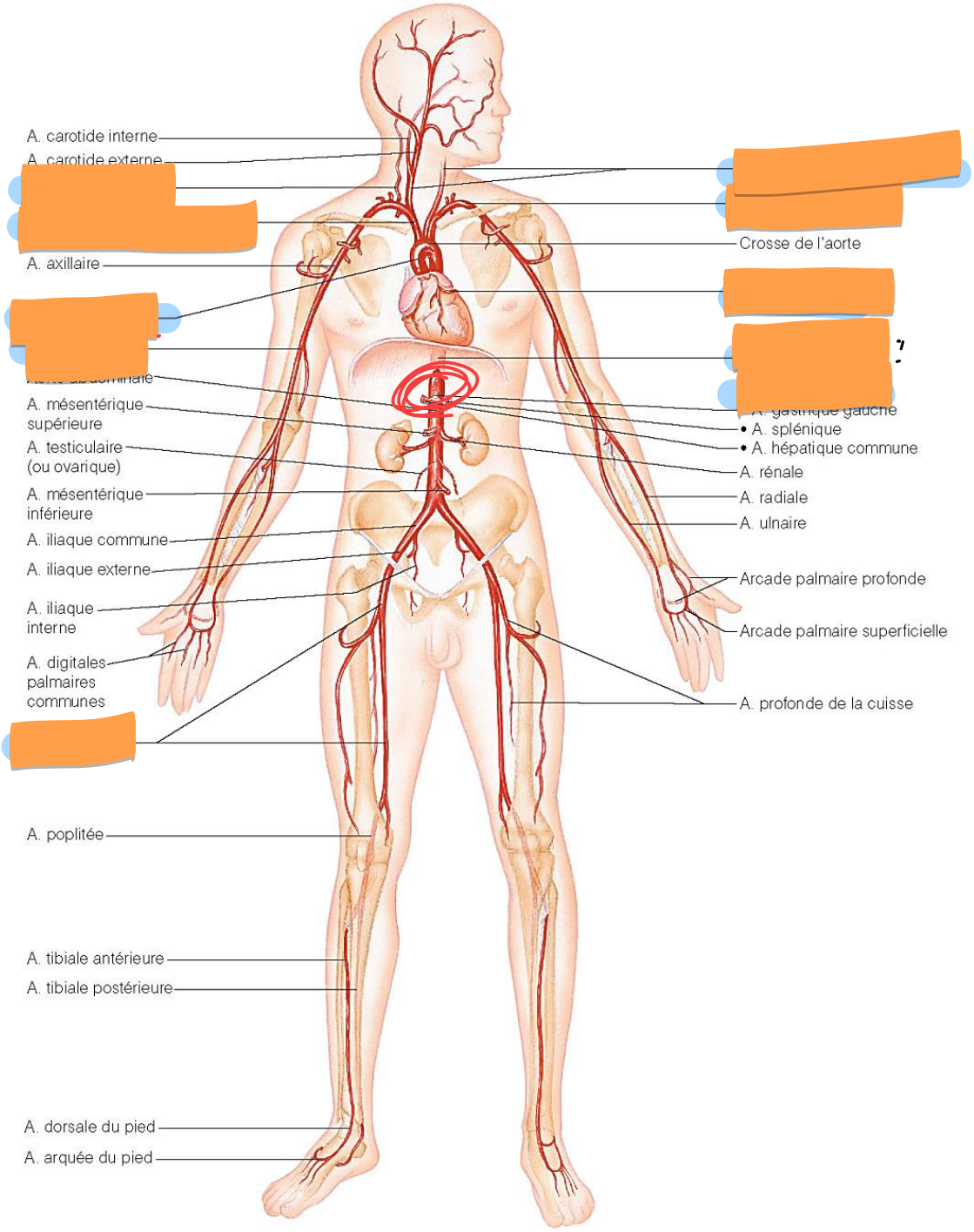
Le 1% du liquide restant ne peut s'accumuler dans les espaces interstitiels, il est collecté par les vaisseaux lymphatiques. Les vaisseaux lymphatiques déversent leur liquide (la lymphe) dans les vaisseaux sanguins au niveau des **veines sous-clavières**.

L'accumulation de liquide interstitiel dans une cavité entraîne un gonflement que l'on nomme œdème.

Exemple d'application : l'éléphantiasis.

Made with Goodnotes

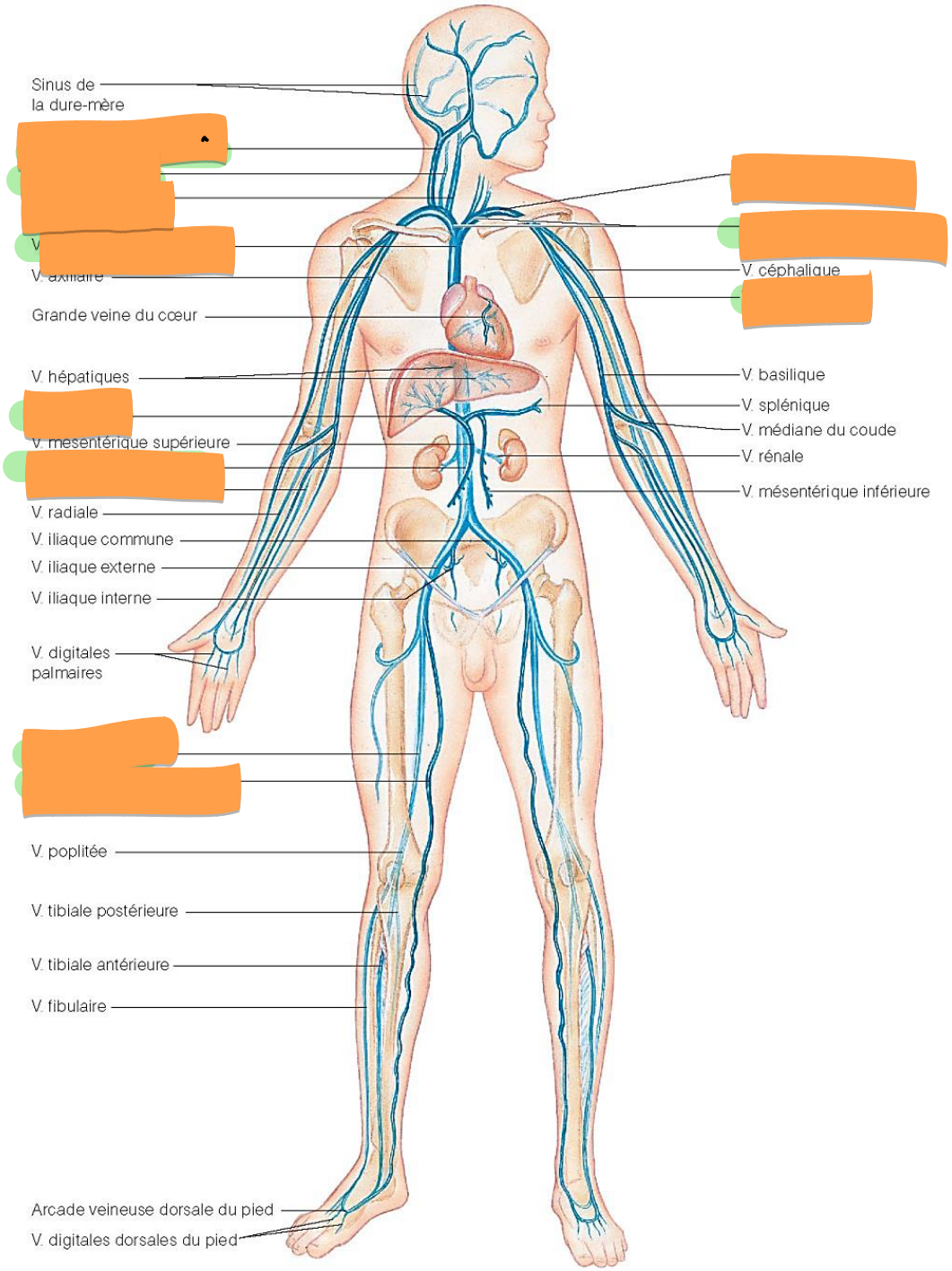
Principales artères de l'humain



Tirée de Anatomie et physiologie humaines, Marieb, ERPI, 1999, p.725

Made with Goodnotes

Principales veines de l'humain



Tirée de Anatomie et physiologie humaines, Marieb, ERPI, 1999, p.735

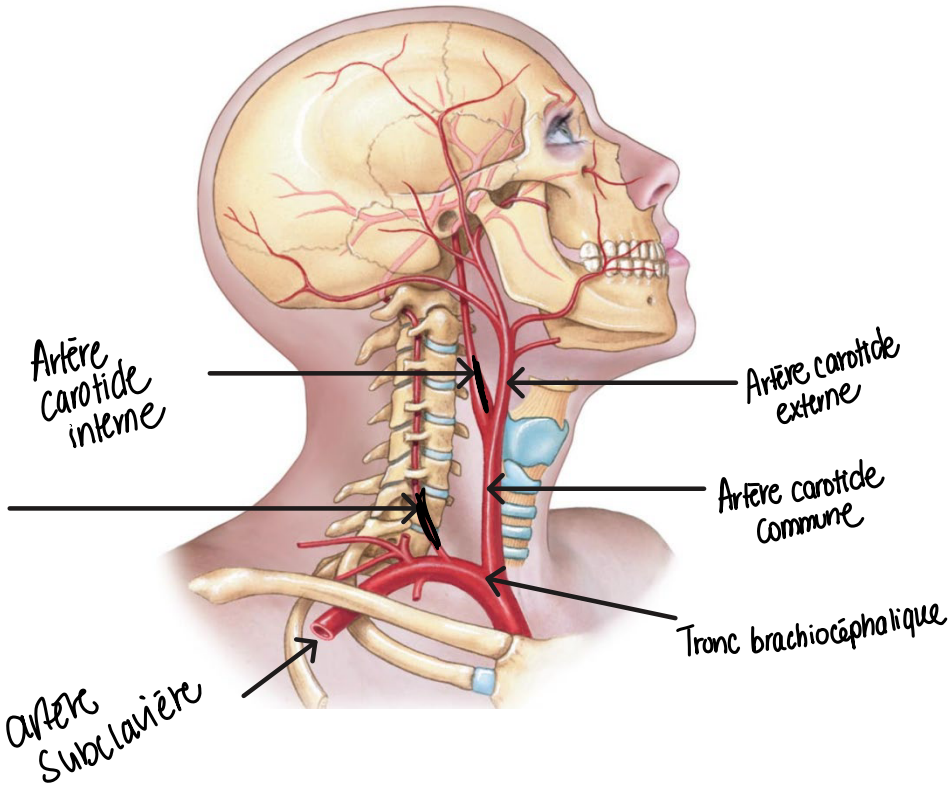
Made with Goodnotes

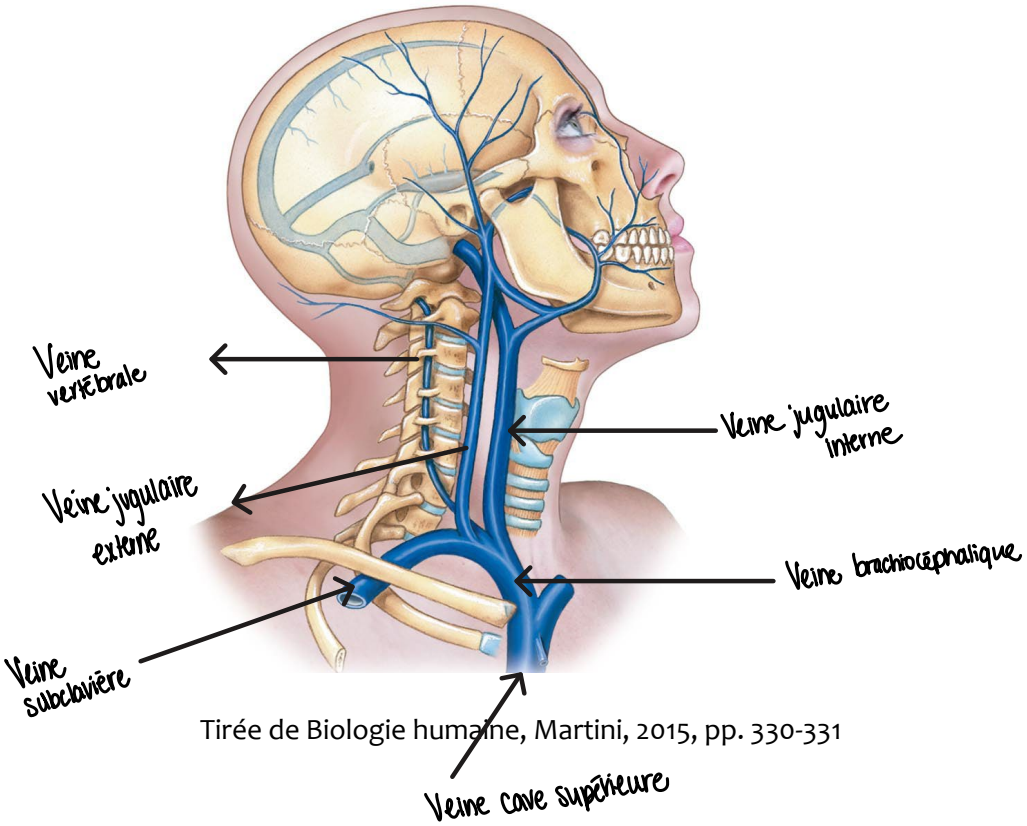
Examen

Exercice : *Les branches du tronc brachiocéphalique irriguent les structures qui sont drainées par la veine brachiocéphalique…*

Identifiez les artères (schéma du haut) et les veines (schéma du bas)

Exercice





Tirée de Biologie humaine, Martini, 2015, pp. 330-331

Made with Goodnotes

→ Transport → Régulation
TRP → Protection → transport (O_2, CO_2, nutriments, hormones) → Régulation (température pH)

tissu liquide composé d'eau de cellule protéine

(cellule immunitaire, coagulation)

Le sang mammalien : Le sang assume des fonctions de transport, de régulation et de protection. Il est normalement d'un rouge écarlate (riche en oxygène) à un rouge foncé (pauvre en oxygène). Le volume moyen représente 8% de la masse corporelle. On retrouve donc de 4 à 5 litres chez la femme et de 5 à 6 litres chez l'homme.

Sa concentration plasmatique est d'environ 300 mmol/kg (0,9%), celle-ci détermine les mouvements de l'eau entre le plasma et le liquide interstitiel en fonction de l'osmose.

Sa température se situe à 38°C, il permet donc de réchauffer les régions du corps qu'il parcourt (température de 37°C).

+++ ↘

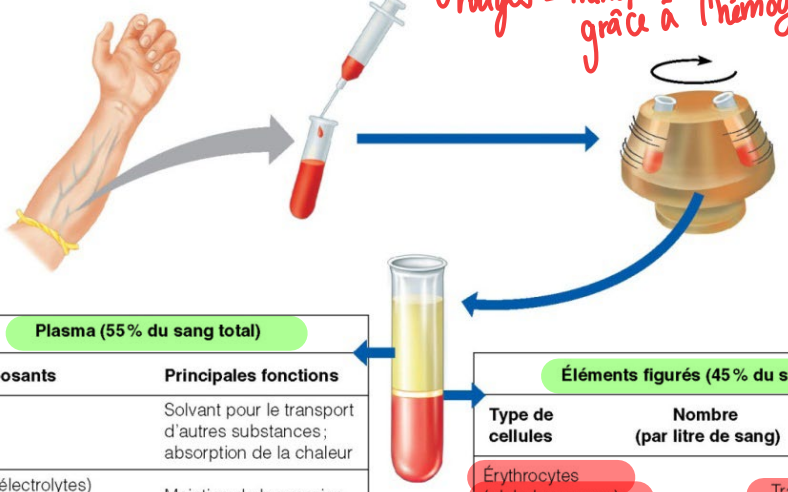
Le pH du sang oscille très, très peu : de 7,35 à 7,45. Le sang est donc un liquide alcalin.

Le sang est considéré comme un tissu conjonctif (tissu possédant une population de cellules peu abondante). Les cellules sanguines (érythrocytes, leucocytes et thrombocytes) sont aussi appelées **éléments figurés**. Elles sont en suspension dans un liquide nommé **plasma**. Le plasma constitue 55% du volume sanguin total (45% du liquide est donc occupé par les cellules sanguines).

globules blancs = Défense immunitaire (Protection)

Plaquettes: Coagulation (Arrêt du saignement)

globule rouges = Transport de O_2 (oxygène) grâce à l'hémoglobine



Plasma (55 % du sang total)	
Composants	**Principales fonctions**
Eau	Solvant pour le transport d'autres substances ; absorption de la chaleur
Sels (électrolytes) Sodium Potassium Calcium Magnésium Chlorure Bicarbonate	Maintien de la pression osmotique et du pH sanguin, régulation de la perméabilité des membranes cellulaires
Protéines plasmatiques Albumine Fibrinogène Globulines	Maintien de la pression osmotique et du pH sanguin Coagulation du sang Défense de l'organisme (anticorps) et transport des lipides
Substances transportées par le sang Nutriments (glucose, acides gras, acides aminés, vitamines) Déchets du métabolisme (urée, acide urique) Gaz respiratoires (O_2 et CO_2) Hormones	

Éléments figurés (45 % du sang total)		
Type de cellules	**Nombre (par litre de sang)**	**Fonctions**
Érythrocytes (globules rouges)	De 4 à 6×10^{12}	Transport de l'oxygène et, dans une moindre mesure, du gaz carbonique
Leucocytes (globules blancs)	De 4 à 11×10^{9}	Défense et immunité
Granulocyte basophile Granulocyte éosinophile Granulocyte neutrophile Lymphocyte Monocyte		
Plaquettes	De 250 à 500×10^{9}	Coagulation du sang

Plasma
Partie liquide de sang
↓
contient · 90% · eau
· sel minéraux (Na^+, K^+, Ca^{2+})
· Protéine plasmatiques (albumine, globuline fibrogène)
· Substance dissoute (nutriments, hormone déchet)

Le sang transporte, régule et protège. Il est composé à 55% de plasma (eau + protéines + sels) et à 45% d'élément figuré (globules rouges, blancs et plaquettes)
pH ≈ 7,4, température ≈ 38°C
Volume ≈ 5 litres

Rôle :
· Transport tout (gaz, nutriment, hormones)
· Maintient la pression sanguine et le pH

Tirée de Biologie humaine, 2008, p. 369

Plasma : Transporteur liquide du sang

Made with Goodnotes

1. Le plasma

Liquide composé à 90% d'eau (le solvant) et de certains solutés parmi lesquels on retrouve :

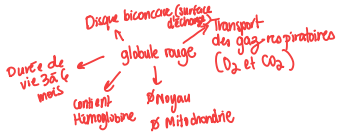
Les sels inorganiques (ou **électrolytes**) : Ces sels sont présents sous forme d'ions dissouts. Ils assument plusieurs fonctions dont le maintien de l'équilibre osmotique, un effet tampon (chez l'humain le pH sanguin varie de 7,35 à 7,45 environ), la régulation de la perméabilité membranaire des cellules (Na^+, K^+, Cl^- sont nécessaires pour de nombreux échanges cellulaires), la communication cellulaire et la coagulation (Ca^{2+}).

Les protéines plasmatiques : Ces protéines sont produites majoritairement par le foie et assument plusieurs fonctions dont le maintien de l'équilibre osmotique, un effet tampon, le transport des molécules hydrophobes (comme le cholestérol), la protection de l'organisme (anticorps), la coagulation (protéines fibrinogènes).

Autres solutés : Parmi les autres solutés on retrouve les **nutriments** qui seront acheminés vers les cellules, les **déchets métaboliques** qui seront acheminés vers les reins (élimination dans l'urine) ou le foie (détoxifiés), les **gaz respiratoires** et les **hormones**.

Le plasma a une composition presque identique au liquide interstitiel (seules les protéines plasmatiques restent captives dans les vaisseaux sanguins).
Le plasma dépourvu de ses protéines fibrinogènes (dépourvu des facteurs de coagulation) se nomme le sérum.

Made with Goodnotes



2. Les érythrocytes (ou globules rouges)

Les érythrocytes sont les cellules responsables de la couleur rouge du sang des mammifères. Très nombreuses, on en retrouve quelques 4 à 6 x 10^{12} par litre de sang. Cette quantité peut même doubler lors de la polycythémie due à la vie en haute altitude.

Hématocrite (portion de globules rouges dans le sang total) normal :

≃ 45%

- 42 +/- 5% chez les femmes
- 47 +/- 5% chez les hommes

Les érythrocytes ont une forme particulière qui leur permet d'avoir une grande surface disponible pour les échanges.

Caractéristiques et fonctions des érythrocytes :

- Anucléé chez les mammifères
- Sans organites, ni mitochondrie (métabolisme par fermentation lactique)
- 250 x 10^6 molécules d'hémoglobine par globule rouge
- Fonction = transport des gaz respiratoires
- Issus des hémocytoblastes de la moelle osseuse rouge sous l'influence de l'érythropoïétine. Longévité de 3 à 6 mois.

hormone qu'on produit — (EPO) — Cellule souche

3. Les leucocytes (ou globules blancs)

Défense de l'organisme contre virus bactérie parasite cellule cancéreuse

Taille + gros que globule rouges mais moins nombreux

Si le nombre augmente bcp pendant une infection → hyperleucocytes

Les leucocytes sont les cellules principales du système immunitaire. Elles sont responsables de la défense de l'organisme contre toutes les attaques (pathogène tels les virus, les bactéries, les parasites ou dérèglement interne tel le cancer).

On en retrouve quelques 4 à 11 x 10^9 par litre de sang en temps normal, mais leur nombre augmente drastiquement lors des infections (on en retrouve plus de 11x10^9 lors de la réponse à une invasion bactérienne ou virale = hyperleucocytose).

infection

globule blanc → + pic récepteurs → sortir du vaisseau sanguin et attaquer

globule blanc mange virus sent

le globule blanc à des protéines récepteur qui captent les molécules chimique émisent par les étrangers et les suivent pour les phagocyter et détruire

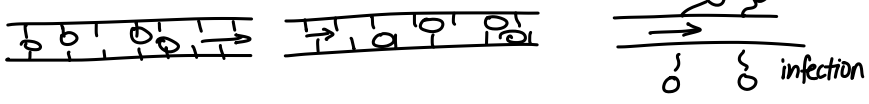
Leur forme varie selon leur catégorie, il existe cinq grands types différents de leucocytes : les monocytes, les granulocytes neutrophiles, les granulocytes basophiles, les granulocytes éosinophiles, les lymphocytes.

Caractéristiques et fonctions des leucocytes :

- Responsables de la défense de l'organisme. Ils sont capables de chimiotactisme positif et de diapédèse.
- Fabriqués à partir des hémocytoblastes de la moelle osseuse rouge sous l'influence de divers facteurs de croissance.

↳ cellule souche même que pour les globules rouges

globules blancs se faufilent à travers les cellules des vaisseaux pour aller attaquer une infection



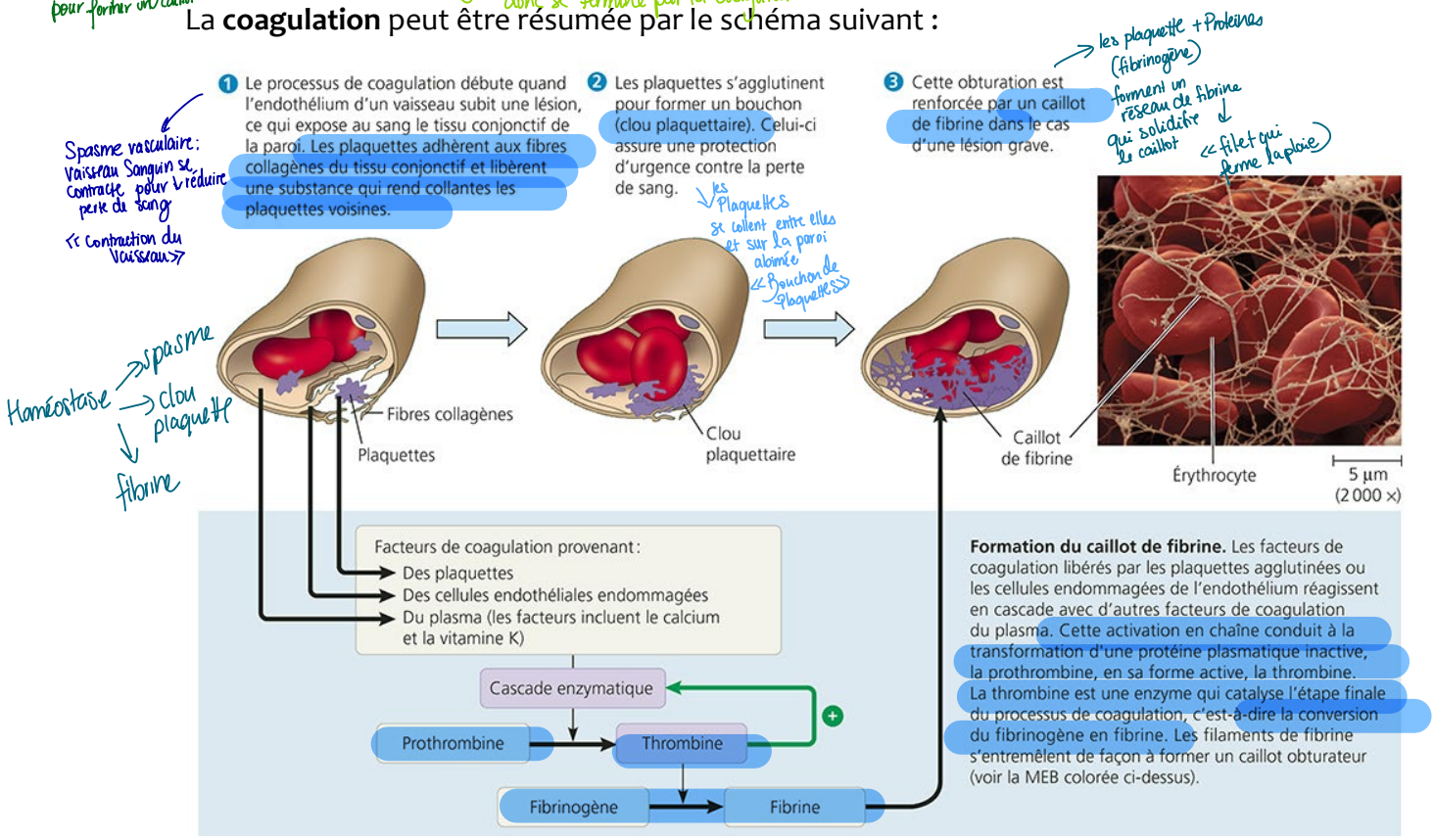
Après être arrêter du au selection sur la paroi des vaisseaux sanguins

Made with Goodnotes

4. Les plaquettes (ou thrombocytes) : Les plaquettes sont de fragments de cellules géantes de la moelle osseuse.

On en retrouve environ 25 à 40 x 10^{10} par litre de sang. Leur principale fonction est d'assurer une bonne coagulation, avec l'aide des protéines fibrinogènes.
L'ensemble des processus responsables de l'arrêt du saignement se nomme **hémostase.**
L'hémostase se termine avec la coagulation.

La **coagulation** peut être résumée par le schéma suivant :



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2012, p.1059

L'hémophilie est une maladie héréditaire due à la présence d'une mutation sur un gène du chromosome X. Les hémophiles ne possèdent pas l'information nécessaire à la fabrication d'une des protéines « facteurs de coagulation ». Sans ce facteur la fibrine n'est pas formée et la coagulation est impossible.

Rappel sur l'hémophilie :

Gène récessif sur chromosomes sexuels : X^H = normal
X^h = hémophile

Homme : X^hY X^HY
Femme : X^hX^h X^HX^h X^HX^H

Les groupes sanguins :

Chez l'humain on observe la présence de différents groupes sanguins. Il existe de nombreux groupes sanguins différents mais les systèmes ABO ainsi que rhésus positif et négatif sont les principaux.

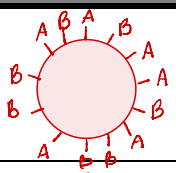
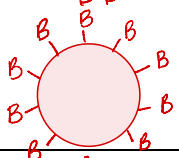
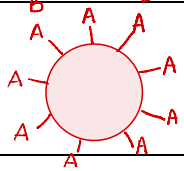
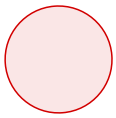
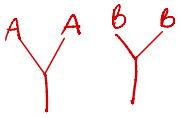
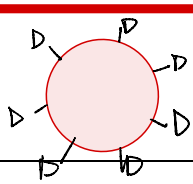
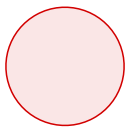
anticorps : ce qu'il y a dans le plasma

surface du globule rouge

Il doit y avoir contact Anticorps et antigène doit être compatible pour matcher

antigène : protéine compatible avec anticorps.

Le tableau suivant résume bien les caractéristiques des divers groupes sanguins ainsi que les compatibilités lors de transfusion sanguines.

Groupe sanguin	Schéma de la cellule avec ses antigènes	Anticorps du plasma	Sang compatible
AB			O, A, B, AB
B			O, B
A			O, A
O			O
Rhésus + (D)			+, −
Rhésus –			−

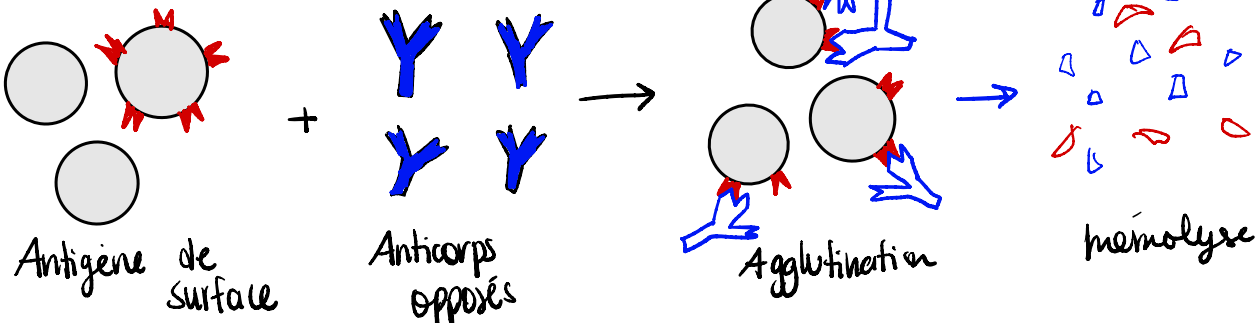
groupe sanguin

D- d'antigène

réaction hémolytique et agglutination

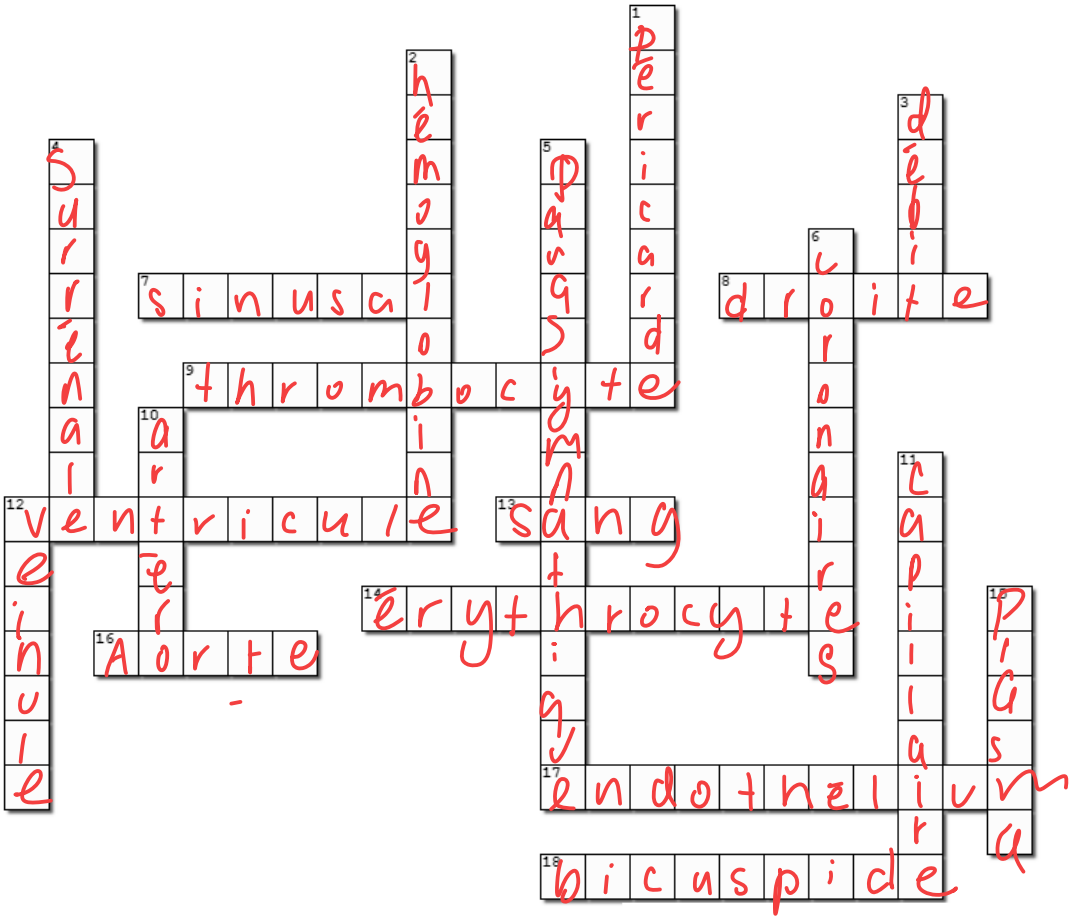
D+ et D- impossible sa mamm pas

anticorps D comme Antigène



Made with Goodnotes

Révision sur le système circulatoire :



Horizontal

7. nœud situé dans l'oreillette droite
8. VAV tricuspide se situe de ce côté
9. synonyme de plaquette
12. chambre cardiaque qui propulse le sang vers la circulation
13. tissu conjonctif formé de plasma et de cellules
14. synonyme de globule rouge
16. vaisseau sanguin où le sang circule à pression sanguine minimale
17. tunique interne des vaisseaux sanguins
18. se dit de la VAV gauche

Vertical

1. enveloppe protectrice du cœur
2. protéine globulaire des érythrocytes
3. produit de la FC et du volume d'éjection systolique
4. glande qui produit l'adrénaline qui accélère la FC
5. division du SNA qui réduit la fréquence cardiaque
6. vaisseaux de la paroi du cœur
10. vaisseau sanguin qui transporte le sang du cœur vers les capillaires
11. vaisseau sanguin où le sang circule à vitesse minimale
12. structure des veines qui empêche le reflux
15. liquide du sang

Made with Goodnotes

6. Le système respiratoire

Les systèmes circulatoire et respiratoire travaillent en étroite collaboration afin d'assurer l'absorption, le transport et l'excrétion des gaz respiratoires : l'oxygène et le gaz carbonique.

Nous allons donc maintenant aborder l'analyse du système respiratoire des humains afin de compléter notre étude sur la circulation et les échanges gazeux.

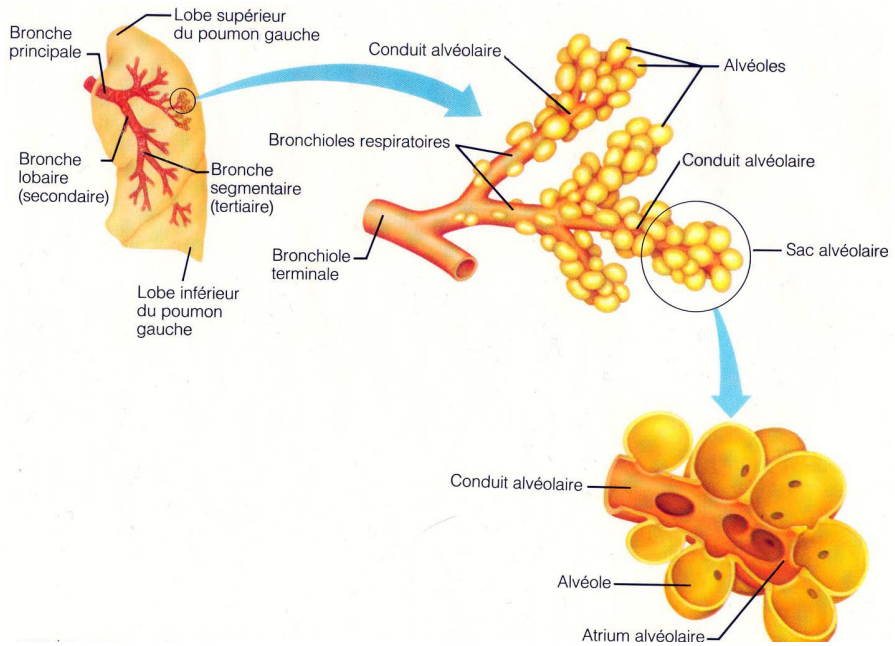
Objectifs spécifiques

1) Décrivez l'anatomie des poumons et du système respiratoire de l'humain.
2) Décrivez les structures de la cage thoracique.
3) Expliquez les mécanismes de l'inspiration et de l'expiration.
4) Décrivez les mécanismes de régulation de la fréquence des ventilations.
5) Décrivez la respiration externe et la respiration interne.
6) Décrivez le transport des gaz respiratoires dans le sang, l'effet de la pression partielle de l'oxygène sur la saturation de l'hémoglobine ains que l'effet Bohr.

Un poumon est tout simplement une invagination de canaux remplis d'air localisés en un endroit précis du corps (donc une association avec le système circulatoire sera nécessaire). Les poumons sont donc très vascularisés de façon à associer intimement les «canaux d'air» avec les «canaux de sang».

La ventilation pulmonaire permet d'augmenter la circulation d'air à l'intérieur des poumons.

Anatomie des poumons

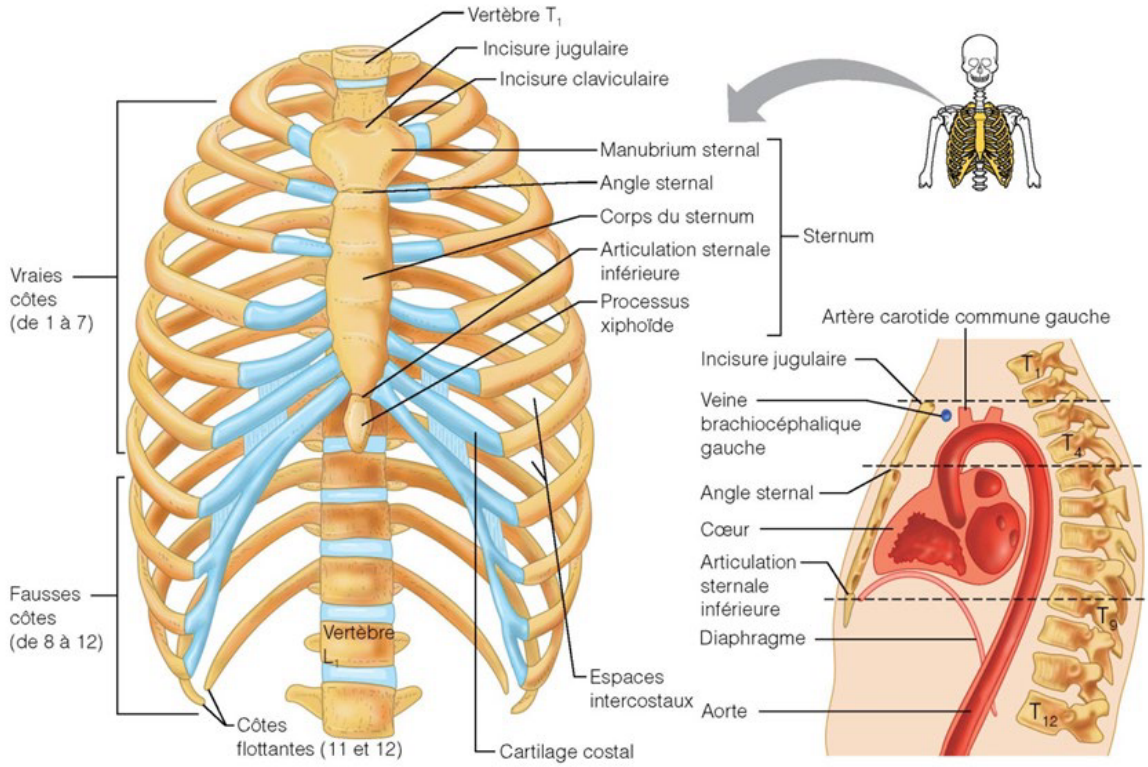


Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 2005, p.864

Made with Goodnotes

Chez les humains, les poumons occupent une grande partie de la **cage thoracique**.

Le thorax osseux (cage thoracique) est formé par le sternum, les côtes et les vertèbres thoraciques. Le sternum est un os plat sur lequel s'articulent les sept premières paires de côtes (les vraies côtes). Les cinq autres paires de côtes sont appelées les fausses côtes… Leur point d'attache au sternum est indirect (via un cartilage) ou inexistant. Les deux dernières paires de côtes sont les côtes flottantes.



Tirée de Biologie humaine, 2008, p. 150

La «chambre» des poumons est tapissée par une mince enveloppe de tissu nommé **plèvre**.

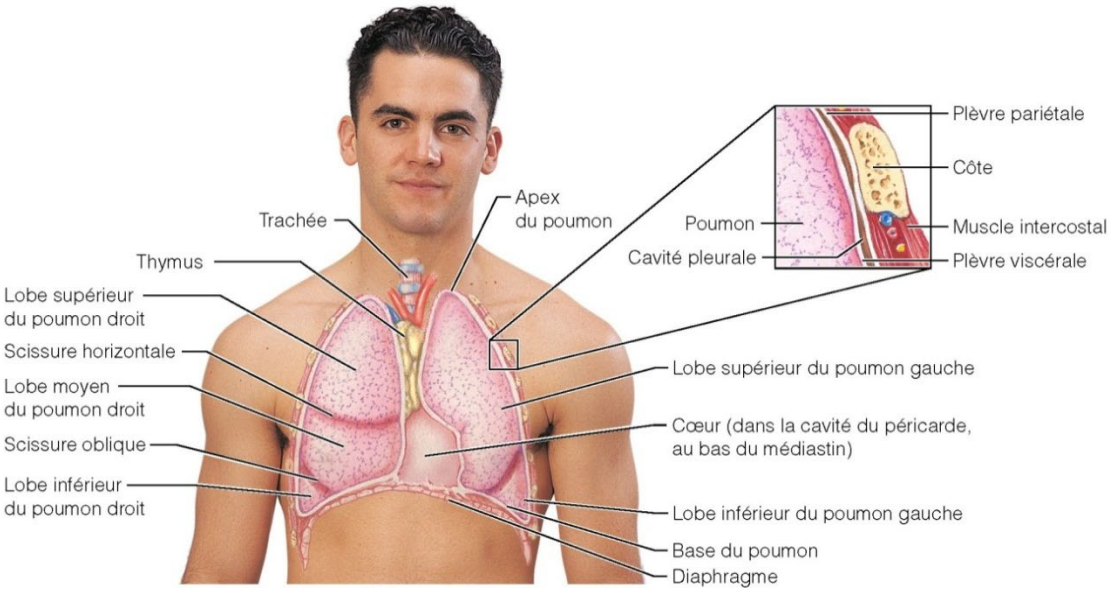
On distingue la **plèvre pariétale** (du coté externe) et la **plèvre viscérale** (directement sur les poumons).

Entre les deux plèvres il y a un espace que l'on nomme **cavité pleurale**. Cet espace est rempli de liquide : le **liquide pleural**.

Fonctions des plèvres et du liquide pleural : la plèvre pariétale tapisse la cavité de la cage thoracique. La plèvre viscérale tapisse le tissu pulmonaire.
À l'aide du liquide pleural les deux plèvres assurent le glissement et l'adhésion pour faciliter la ventilation et éviter l'affaissement.

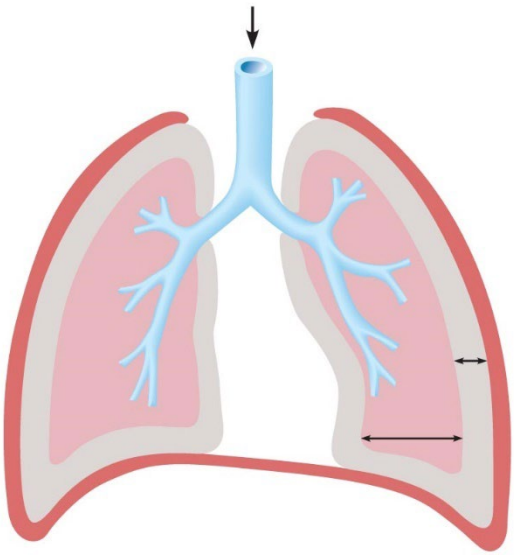
Made with Goodnotes

Anatomie du système respiratoire :



Tirée de Biologie humaine, 2008, p.473

On observe sur la figure suivante les différentes « zones » de pression : Pression atmosphérique, pression intrapleurale, pression intra alvéolaire.



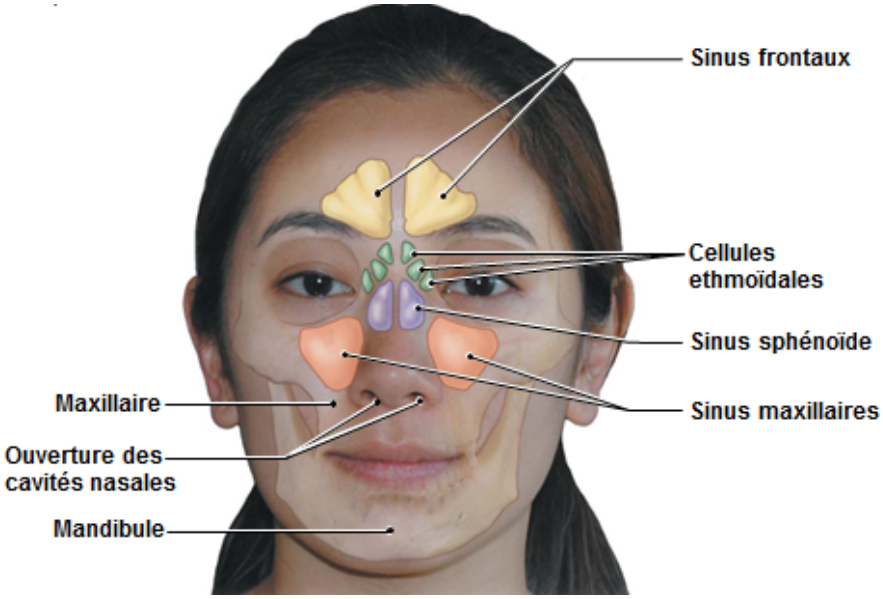
Tirée de Anatomie et physiologie humaines, Marieb, 2015, p. 960

Le système respiratoire des mammifères est aussi nommé «arbre respiratoire» à cause de son aspect. Nous allons étudier chacune des parties de cet «arbre respiratoire» selon le même trajet que l'air:

Made with Goodnotes

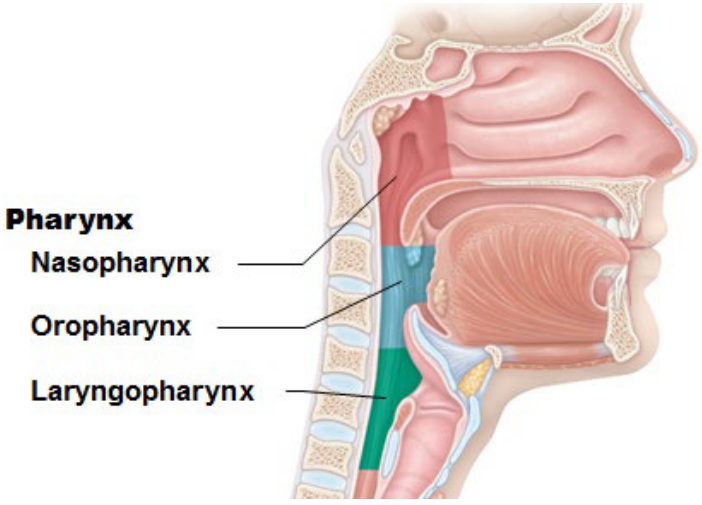
a) **Les narines et cavités nasales :** les poils filtrent l'air. L'air se réchauffe et s'humidifie grâce aux vaisseaux sanguins et au mucus. L'épithélium de la région olfactive (dans le fond de la cavité nasale) possède de nombreux chimiorécepteurs qui réagissent aux molécules d'odeurs. L'épithélium qui tapisse la cavité nasale se prolonge à l'intérieur des sinus paranasaux (cavités à l'intérieur des plaques osseuses).

Les sinus paranasaux :



Tirée de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.599

b) **Le pharynx :** carrefour des voies digestives et respiratoires, lorsque la glotte est ouverte (l'épiglotte est relevée), l'air peut passer vers le larynx.



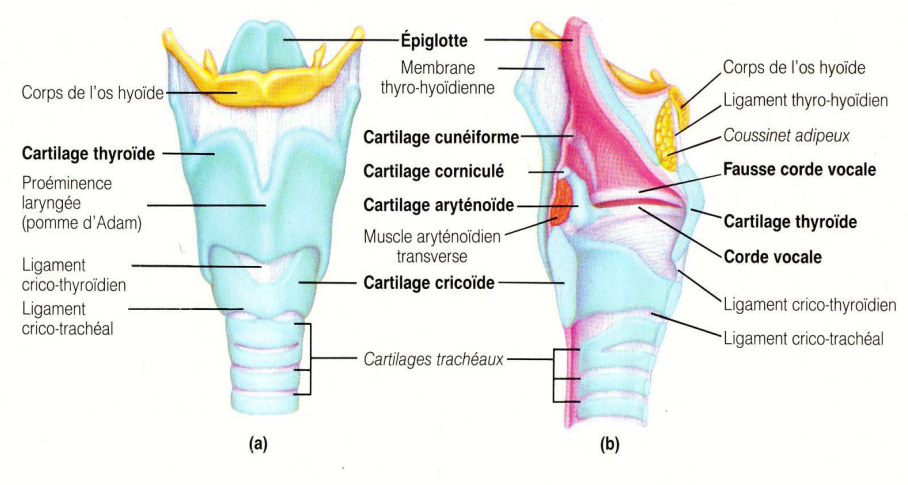
Tirée de Biologie humaine, 2008, p. 470

c) **Le larynx :** section des voies respiratoires qui contient les cordes vocales qui vibrent pour produire les sons lors du passage de l'air.

Made with Goodnotes

d) **La trachée :** section des voies respiratoires dont la paroi possède des cartilages en forme de U. La trachée permet d'acheminer l'air vers les bronches.

Anatomie du larynx et de la trachée :

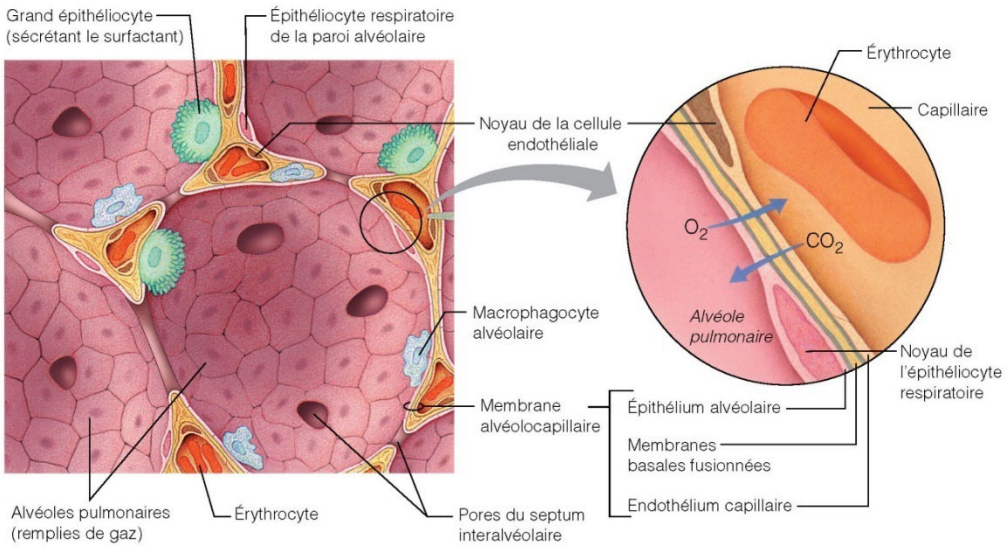


Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.809

e) **Les bronches :** ce sont les grandes divisions de la trachée. Leur paroi comporte des anneaux de cartilage. Elles permettent d'acheminer l'air dans les bronchioles.

f) **Les bronchioles :** ramifications des bronches, les bronchioles permettent d'acheminer l'air partout dans les poumons.

g) **Les alvéoles :** les alvéoles sont regroupées en amas autour des conduits alvéolaires. Leur paroi est tapissée de capillaires sanguins. C'est le lieu des échanges gazeux. On parle de membrane **alvéolocapillaire** ou de barrière air-sang pour désigner la fusion qui existe entre l'endothélium des capillaires et la paroi alvéolaire.



Tirée de Biologie humaine, p.475

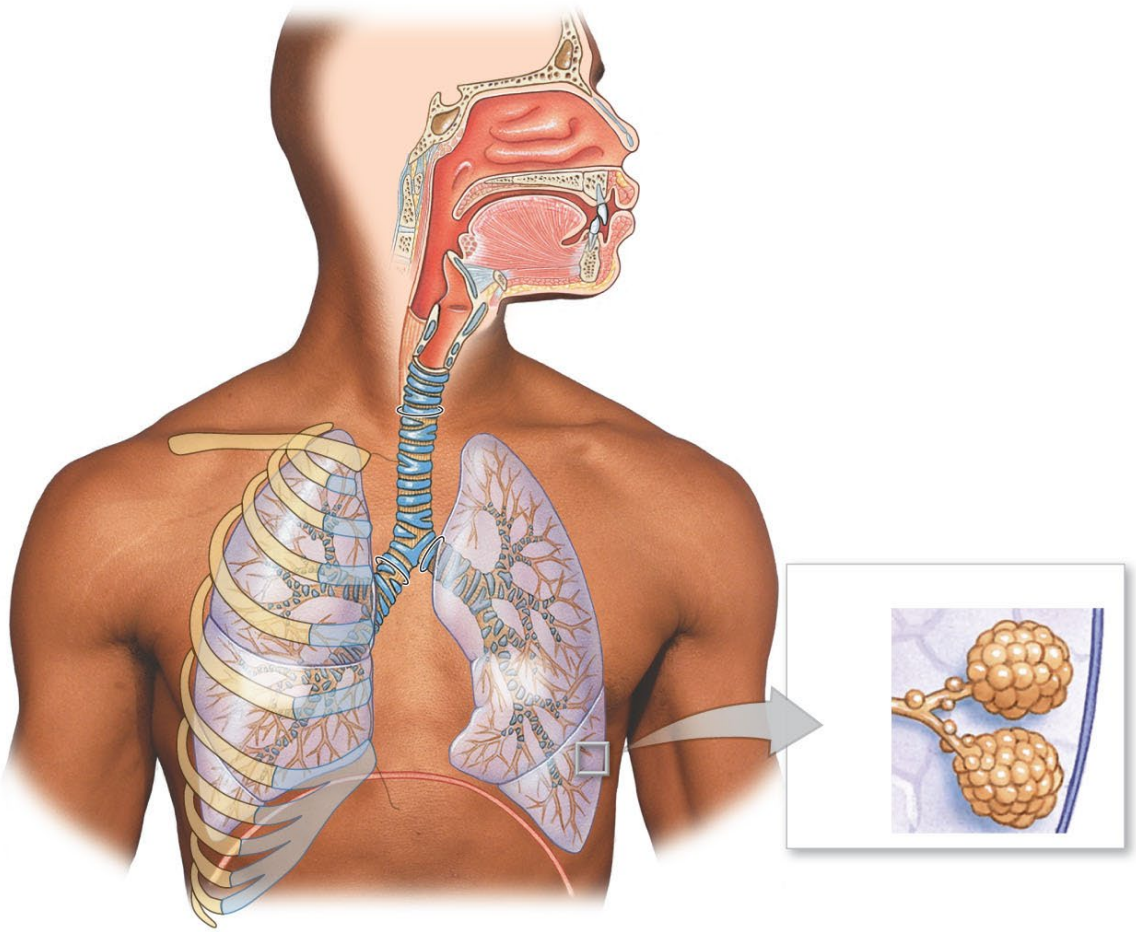
Made with Goodnotes

La plupart des ramifications de «l'arbre respiratoire» sont recouvertes de cils vibratiles (épithélium stratifié cilié) et d'une pellicule de mucus.

Le mucus emprisonne le pollen, les poussières, les bactéries… qui s'introduisent dans les voies avec l'air et les cils vibrent afin de faire remonter ce mucus vers le pharynx.

Chez les fumeurs les cils sont paralysés quelques minutes par la nicotine. Éventuellement, chez les gros fumeurs, les cils tombent.

Exercice : Identifiez les structures du système respiratoire sur la figure suivante.



Tirée de « La biologie humaine », Martini, ERPI, 2015, p.411

Made with Goodnotes

Afin d'assurer des échanges efficaces les poumons doivent être continuellement ventilés. Chez les humains, cette ventilation est effectuée par respiration à pression négative.

Cette ventilation comprend deux phases :

1. L'inspiration :

Lors de l'inspiration on augmente le volume de la cage thoracique afin de faire chuter la pression intrapulmonaire. Lorsque la pression intrapulmonaire devient plus petite que la pression atmosphérique l'air entre dans les poumons.

Mécanismes responsables de l'inspiration :

Lors de l'inspiration de base la contraction du diaphragme qui s'abaisse vers l'abdomen permet l'entrée d'air. Pour une inspiration plus profonde on ajoute la contraction des muscles intercostaux externes qui soulèvent les côtes.

2. L'expiration :

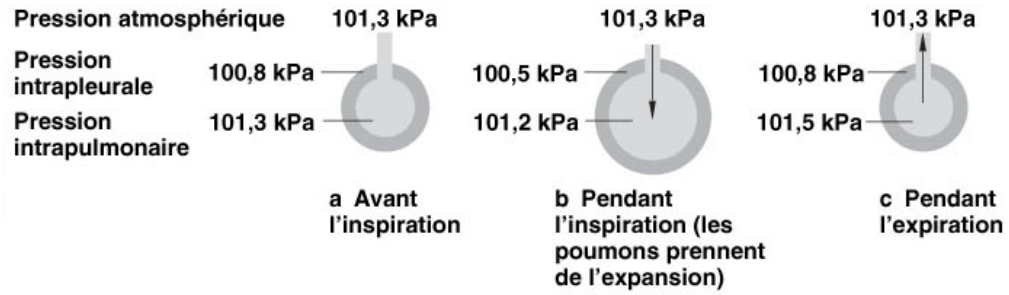
Lors de l'expiration on réduit le volume de la cage thoracique afin que la pression intrapulmonaire augmente. Lorsque la pression intrapulmonaire devient plus grande que la pression atmosphérique l'air sort des poumons.

L'expiration de base ne demande aucune dépense d'énergie puisqu'il suffit de relâcher les muscles contractés lors de l'inspiration afin de la permettre.

Mécanismes responsables de l'expiration forcée :

La contraction des muscles intercostaux internes permet d'abaisser les côtes et la contraction des muscles abdominaux permet de pousser sur les viscères de l'abdomen. Ces contractions favorisent l'expiration d'un plus grand volume d'air.

<u>Variations de pression lors de la ventilation :</u>



Tirée de «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.716

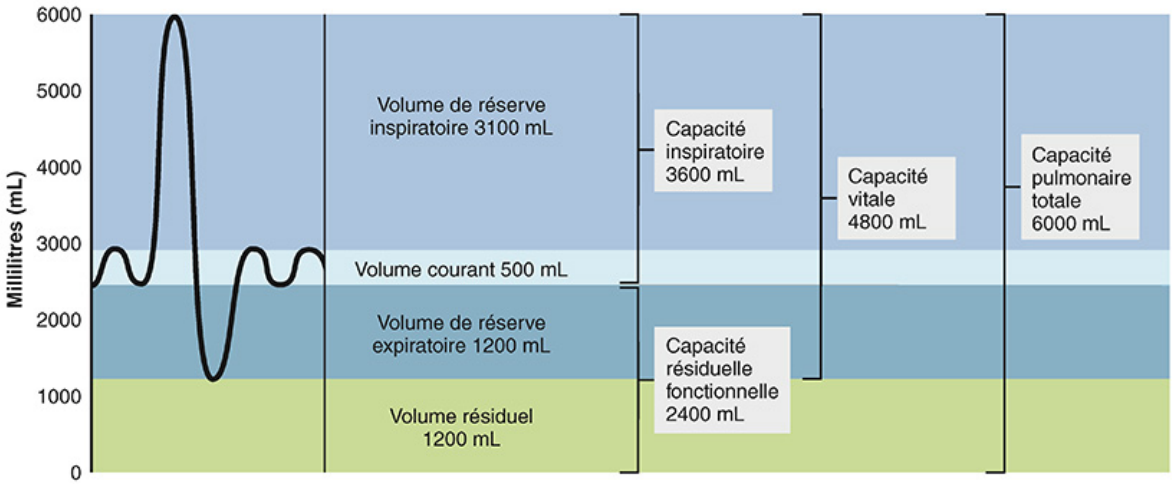
Made with Goodnotes

La ventilation pulmonaire permet de définir plusieurs volumes d'air :

- **Volume d'air courant** : volume d'air inspiré et expiré lors de la ventilation de base. Il varie de façon proportionnelle à la taille corporelle et à l'élasticité des poumons.

- **Capacité vitale** : volume d'air inspiré et expiré lors d'une ventilation forcée. Il varie de façon proportionnelle à la taille corporelle et à l'élasticité des poumons.

- **Volume d'air résiduel** : quantité d'air qui reste dans les poumons même après une expiration forcée. Elle varie de façon inversement proportionnelle à l'élasticité des poumons. Elle empêche l'affaissement des poumons.



Tirée de Anatomie et Physiologie humaines, Marieb, 2014, p.954

N.B. : l'emphysème entraine une perte de l'élasticité des poumons ce qui augmente le volume résiduel.

Volumes pulmonaires (mL)

		Homme	Femme
Capacité vitale	VRI	3 300	1 900
	VC	500	500
	VRE	1 000	700
Volume résiduel		1 200	1 100
Capacité pulmonaire totale		6 000 mL	4 200 mL

Tiré de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.423

Made with Goodnotes

Plusieurs facteurs régulent la fréquence des ventilations :

1. **Les centres respiratoires :**

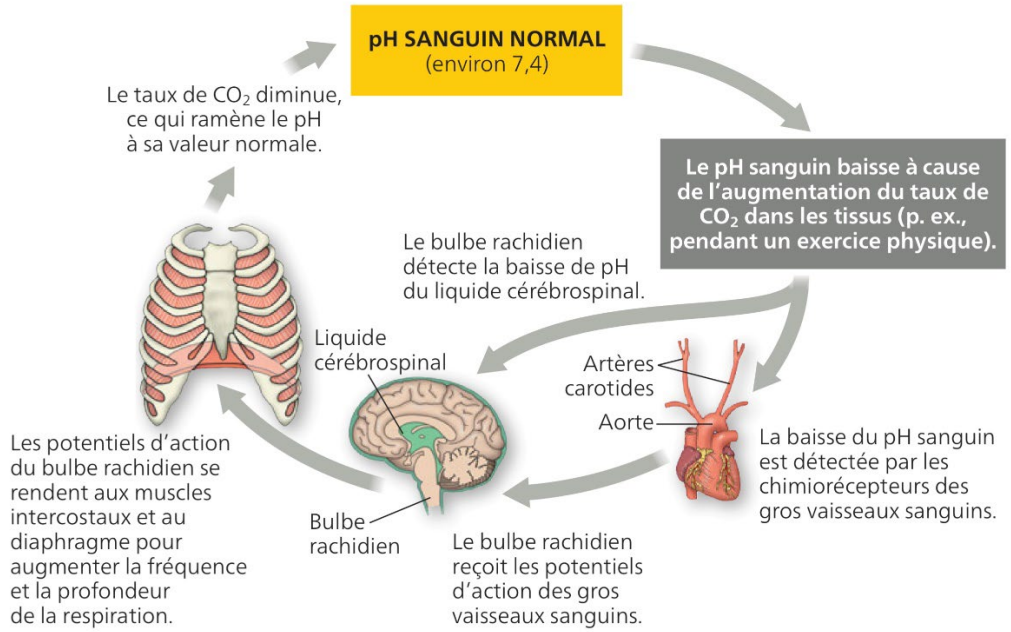
Situés dans le **tronc cérébral** (pont et bulbe rachidien), les centres respiratoires permettent la **stimulation du diaphragme** (via les nerfs phréniques) et **des muscles intercostaux externes** (via les nerfs intercostaux). Cela permet d'établir un rythme **de base** des ventilations de 12 à 18 contractions par minute.

2. **Les récepteurs de tension de la paroi des poumons :**

Lorsque la paroi des poumons est trop étirée, les **récepteurs de la tension** inhibent le centre respiratoire du bulbe rachidien.

3. **Les chimiorécepteurs périphériques et du bulbe rachidien :**

Une partie du CO_2 sanguin réagit avec l'eau pour former de **l'acide carbonique**. Cela favorise une baisse du pH sanguin. Les **chimiorécepteurs** du bulbe rachidien, des carotides et de l'aorte détectent cette baisse de pH et stimulent alors les centres respiratoires afin d'**augmenter** le rythme et l'amplitude des ventilations pulmonaires.



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2020, p.1036

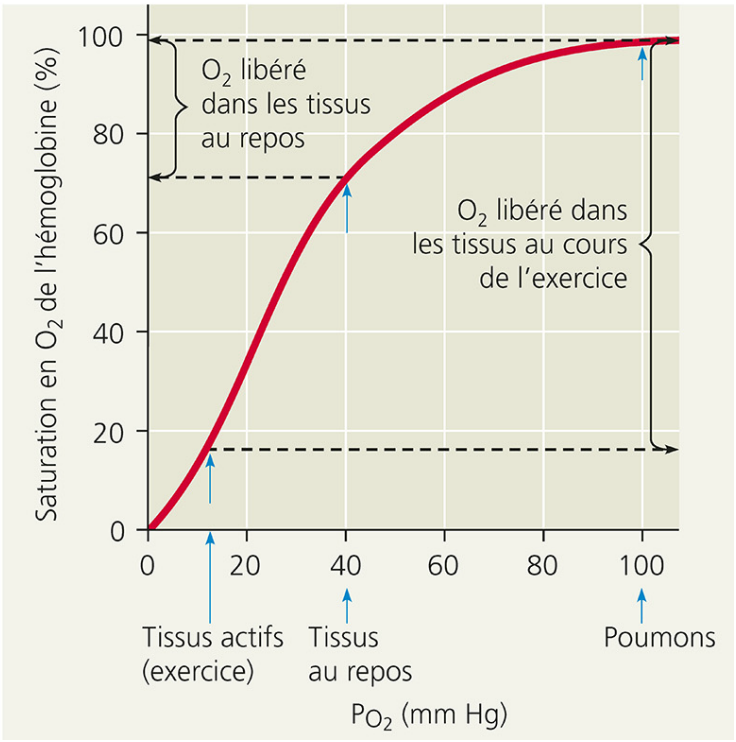
N.B. : L'excès de CO_2 dans le sang se nomme 'hypercapnie alors que la carence se nomme l'hypocapnie.

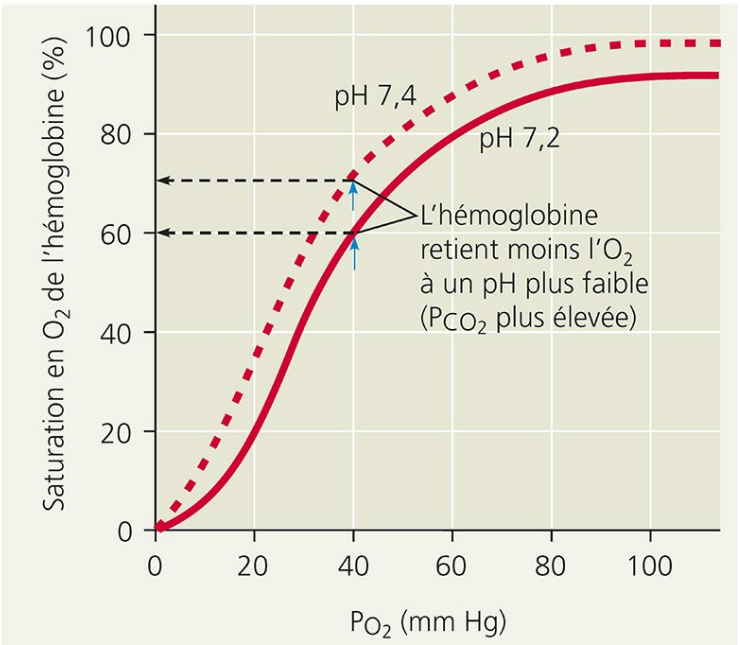
Made with Goodnotes

Comme nous le savons, l'oxygène et le CO_2 sont transportés tous deux dans le sang. Nous allons maintenant étudier d'un peu plus près le transport de ces gaz dans l'organisme.

L'oxygène voyage principalement fixé à l'hémoglobine. Quatre molécules d'O_2 se fixent sur chaque molécule d'hémoglobine. La fixation et le relargage de l'oxygène fonctionne selon un mécanisme de coopérativité.

Effet de la PO_2 et effet Bohr



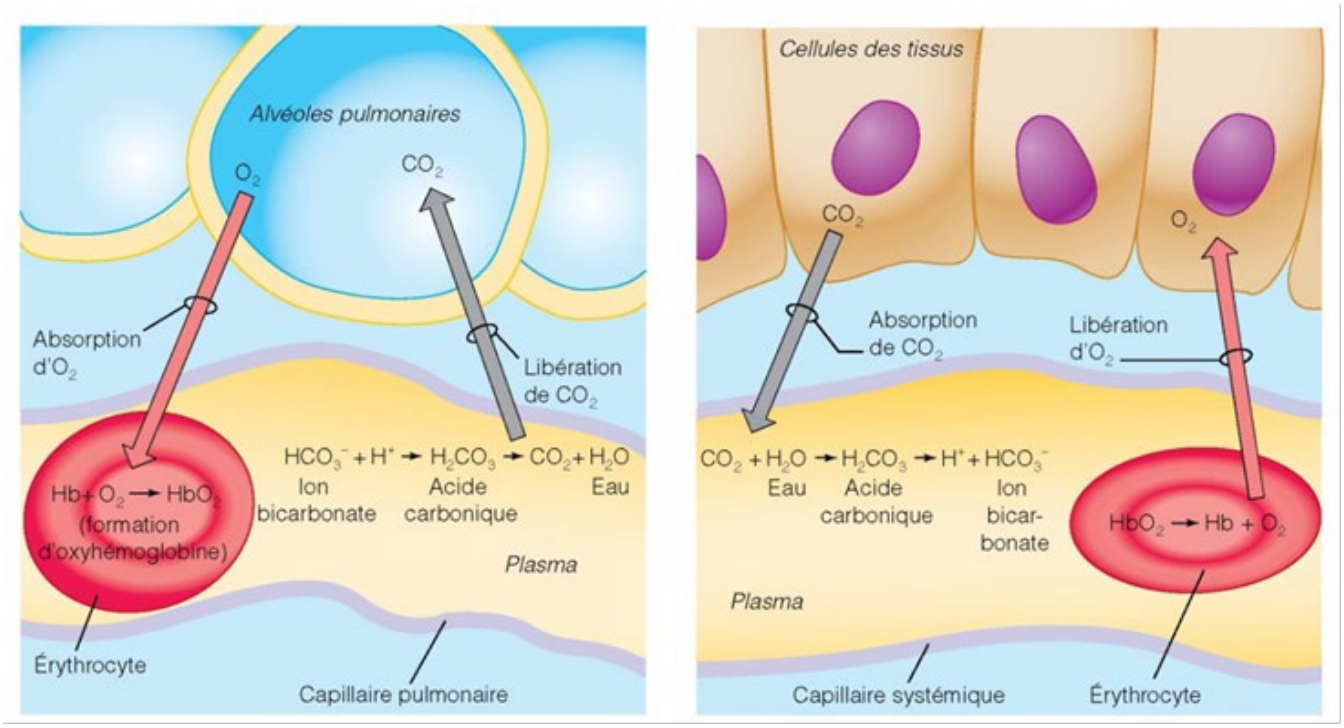


Tirées de «Biologie», Campbell, ERPI, 2012, p.1073

Gaz	Forme de transport	Pourcentage transporté
O_2	Dissous	1,5
	Lié à l'hémoglobine	98,5
CO_2	Dissous	10
	Lié à l'hémoglobine	20
	hydrogénocarbonate	70

Made with Goodnotes

Respiration externe et respiration interne :

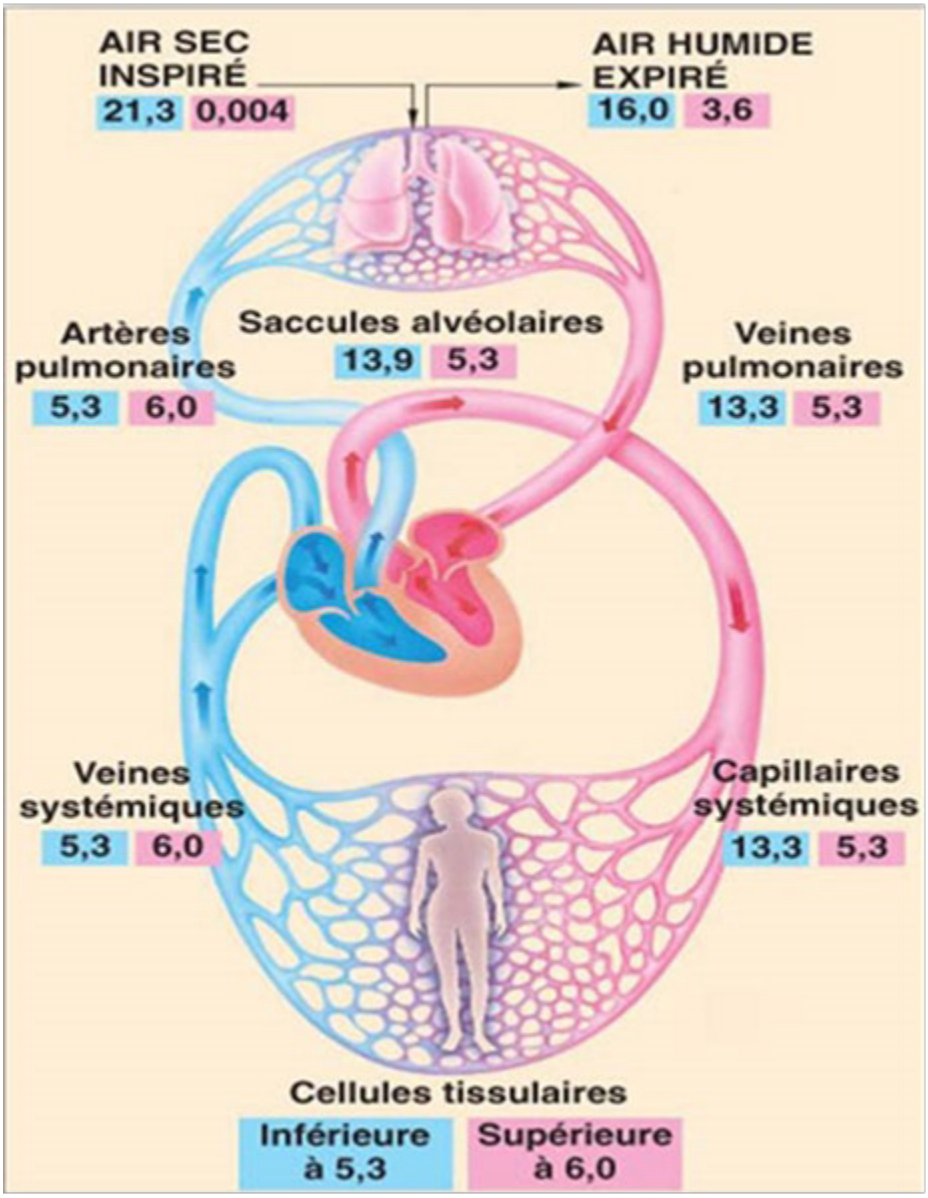


Tirée de Biologie humaine, Marieb, 2008, p. 482

N.B. : Dans le sang les H^+ sont pris en charge par les protéines sanguines ou les électrolytes.
Le pH varie très peu.

Made with Goodnotes

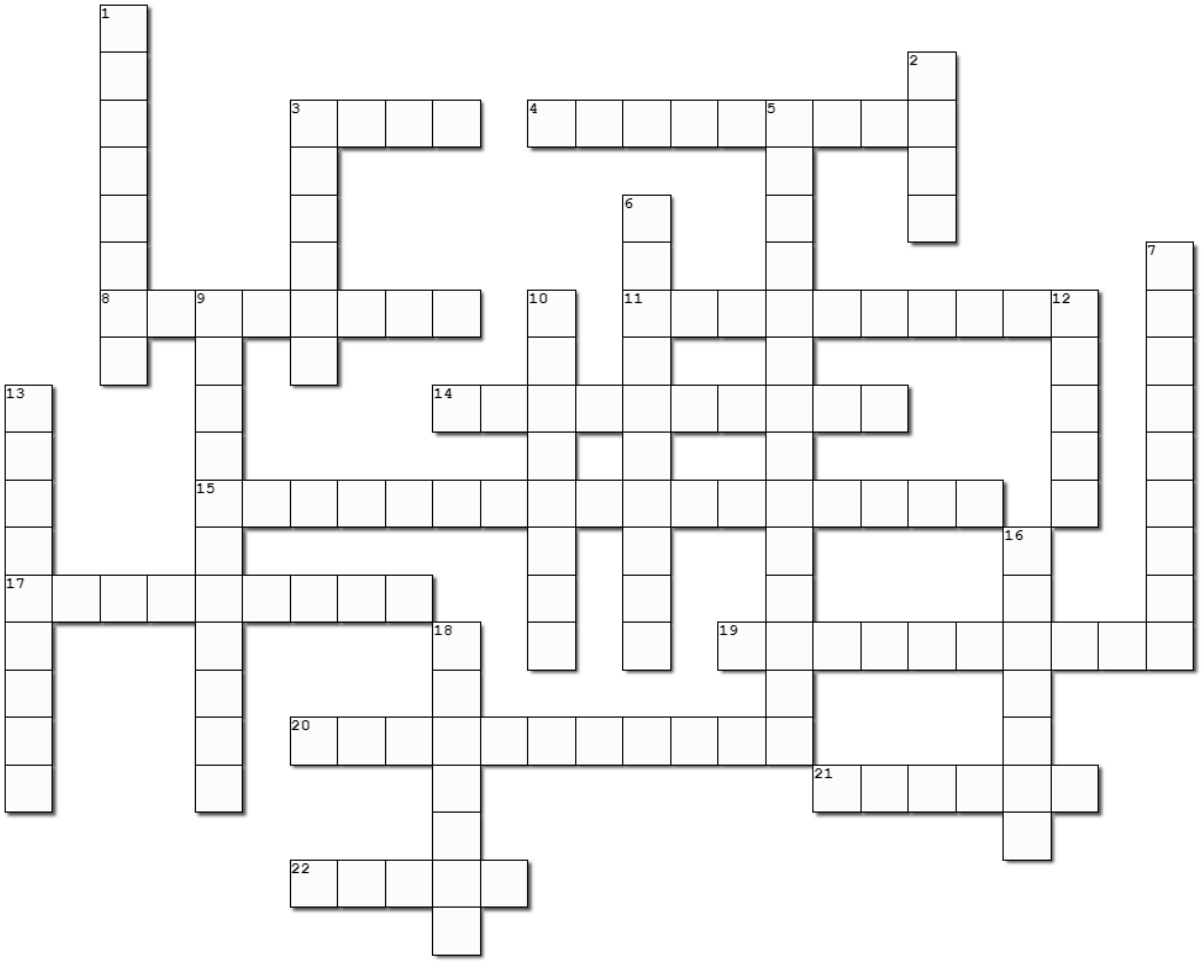
Gradient de pression partielle de l'oxygène et du dioxyde de carbone dans les voies respiratoires et vasculaires.



Tirée de «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.717

Made with Goodnotes

Révision sur le système respiratoire :



Horizontal

3. centre respiratoire
4. infection des alvéoles pulmonaires
8. muscles intercostaux responsables de l'inspiration
11. nerfs qui stimulent le diaphragme
14. division des bronches
15. membrane traversée par l'oxygène de l'air des alvéoles vers le sang des capillaires. sang
17. je relie les côtes au sternum
19. principal muscle squelettique responsable de l'inspiration
20. état où il y a trop de gaz carbonique dans le sang
21. section des voies respiratoires qui contient les cordes vocales
22. sécrétion des voies respiratoires

Vertical

1. muscles intercostaux responsables de l'expiration
2. nombre de lobes dans un poumons gauche
3. tissu qui enrobe les poumons
5. se dit de l'hémoglobine au sortir des poumons
6. état où il n'y a pas assez de gaz carbonique dans le sang
7. se dit de la plèvre qui tapisse les côtes et muscles intercostaux
9. se dit des vertèbres qui sont liées aux côtes
10. division de la trachée
12. cavité creuse dans un os
13. infection des bronches
16. carrefour des voies respiratoires et digestives
18. os central de la cage thoracique

Made with Goodnotes

7. Le système excréteur (rénal et urinaire)

Introduction

Notre organisme consomme une grande diversité de produits ce qui entraîne la production de divers déchets. La ventilation, la production de selles ainsi que d'urine permet d'éliminer ces divers déchets. Dans cette section nous allons nous pencher sur l'étude du système excréteur humain : le rein.

Objectifs spécifiques

1) Expliquer l'importance du maintien de l'équilibre hydrique.
2) Décrire l'anatomie du système excréteur et du néphron du rein humain.
3) Décrire brièvement les mécanismes de filtration, de sécrétion et de réabsorption dans les néphrons.
4) Expliquez le rôle de l'ADH et celui du complexe rénine-angiotensine dans la régulation de l'excrétion chez l'humain.
5) Décrire les mécanismes physiologiques de la miction.

Notre organisme consomme une très grande diversité de produits. Suite à la consommation, on observe une production de divers déchets.
Nous avons déjà vu que :

1. Le déchet métabolique de la respiration cellulaire est le CO_2, il est éliminé lors de l'expiration.
2. Les aliments non-digérés (fibres, etc.) et les pigments biliaires sont éliminés dans les selles.

Nous savons également que le foie joue un grand rôle dans l'excrétion des déchets chez les mammifères.

- Il peut convertir un déchet toxique en une molécule utile.
  Ex : L'acide lactique (ou le lactate) est oxydé en pyruvate

- Il peut stocker certaines toxines ingérées afin de les empêcher de causer des dommages ailleurs dans l'organisme.
  Ex : Le mercure et le plomb peuvent être « stockés » dans le foie

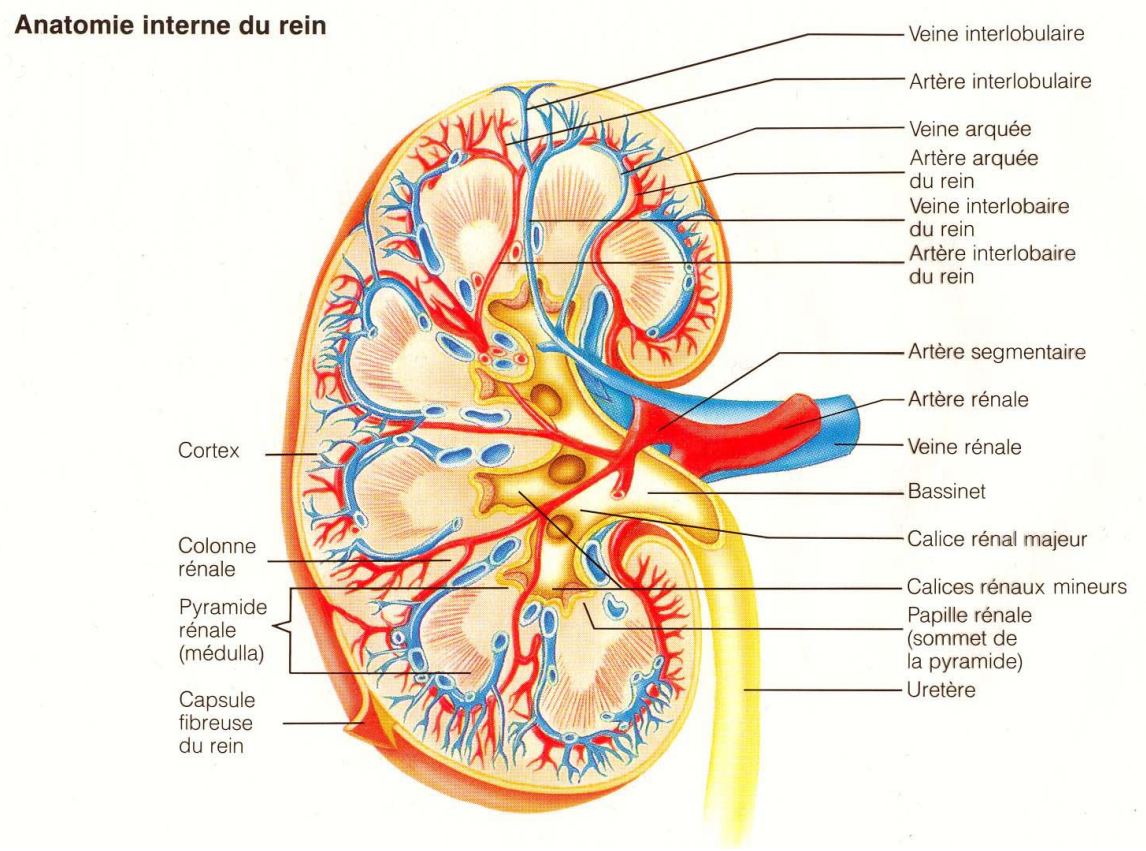
- Il peut convertir un déchet toxique en un déchet moins toxique qui sera excrété par le système excréteur de l'organisme via l'urine.
  Ex : L'ammoniac est converti en urée

Made with Goodnotes

Le système excréteur de l'humain est basé sur la filtration du sang par les **reins.** Chaque rein contient plus d'un million d'unités fonctionnelles : **les néphrons**.

Les reins assument plusieurs fonctions dont le maintien de **l'équilibre hydrique, de l'équilibre électrolytique, de l'équilibre acido-basique et l'évacuation des déchets azotés.**

Les reins filtrent environ 180 Litres de liquide par jour et produisent environ 1,8 Litre d'urine par jour.

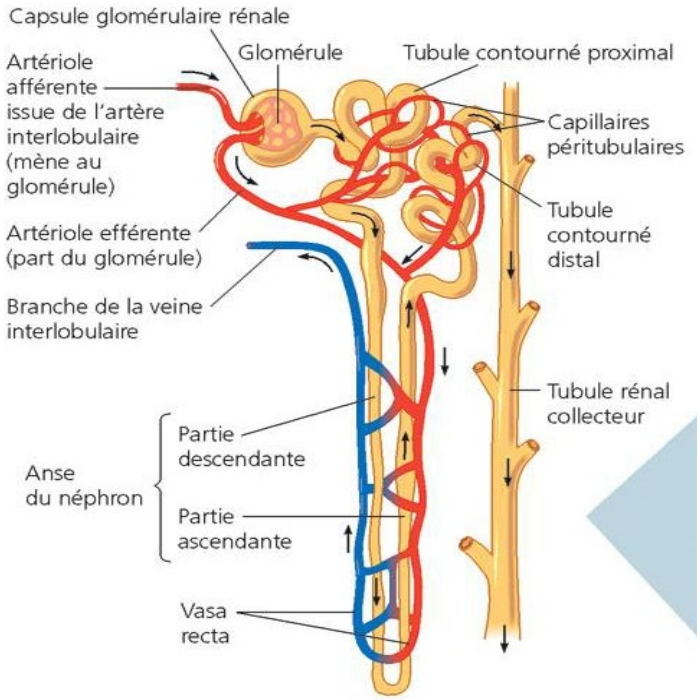


Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 1999, p.975

L'unité fonctionnelle du rein est le néphron. La majorité des néphrons se retrouvent dans le cortex rénal mais quelques-uns (+/- 20% des néphrons) se prolongent dans la médulla. Ce sont eux qui permettent d'excréter une urine **hypertonique.**

Made with Goodnotes

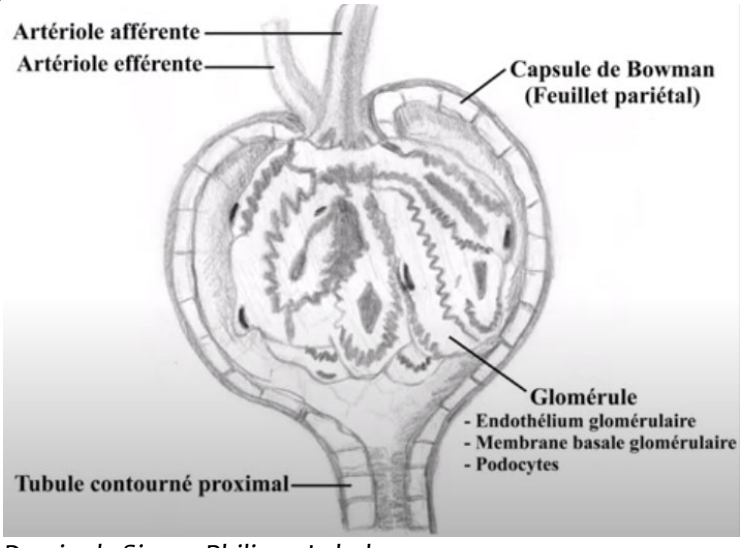
Anatomie du néphron :



Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2004, p.1032

À l'intérieur des néphrons on observe trois principaux mécanismes responsables de la production de l'urine.

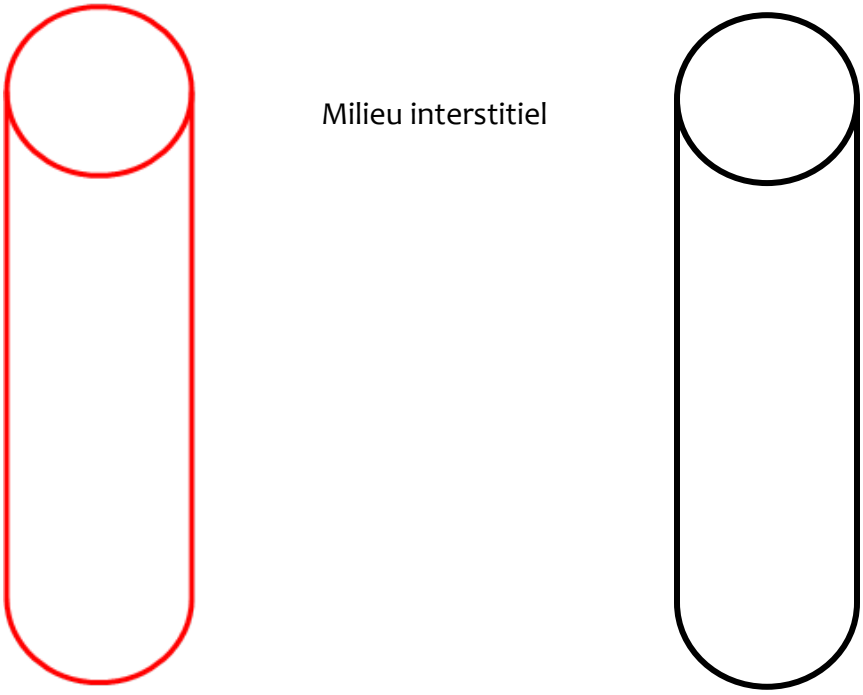
1. **La filtration glomérulaire :** mécanisme non-sélectif, sous l'effet de la pression sanguine (environ 40 mm de mercure) l'eau et les petites molécules du sang pénètrent la capsule glomérulaire.



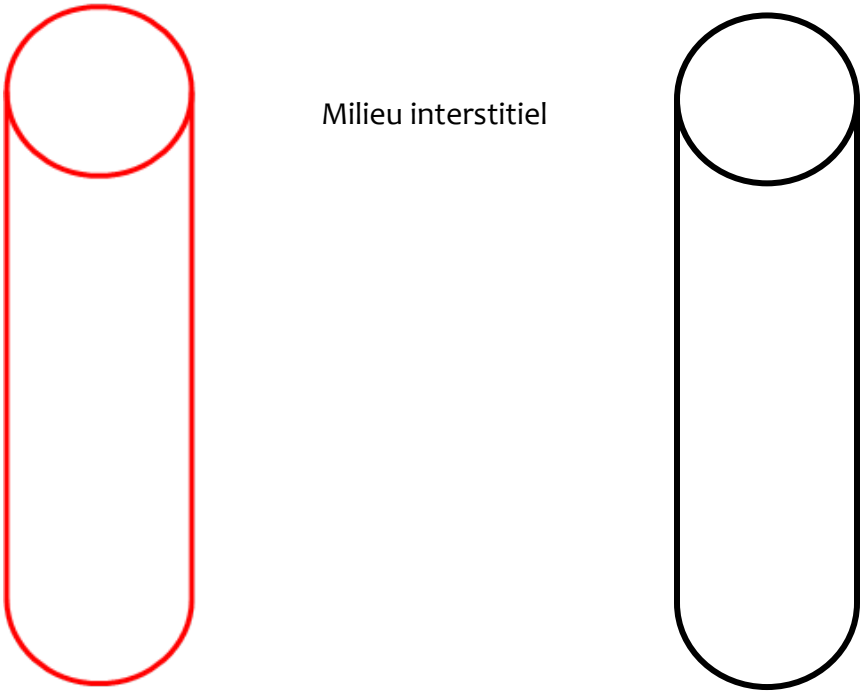
Dessin de Simon-Philippe Lebel

Made with Goodnotes

2. **La sécrétion :** mécanisme sélectif qui a lieu dans les tubules contournés et dans la portion antérieure du tubule collecteur.



3. **La réabsorption :** mécanisme sélectif qui a lieu dans les tubules contournés et dans l'anse du néphron.



Made with Goodnotes

Ce sont donc la sécrétion et la réabsorption qui permettent de modifier la composition du filtrat de façon à produire l'urine qui sera excrétée.

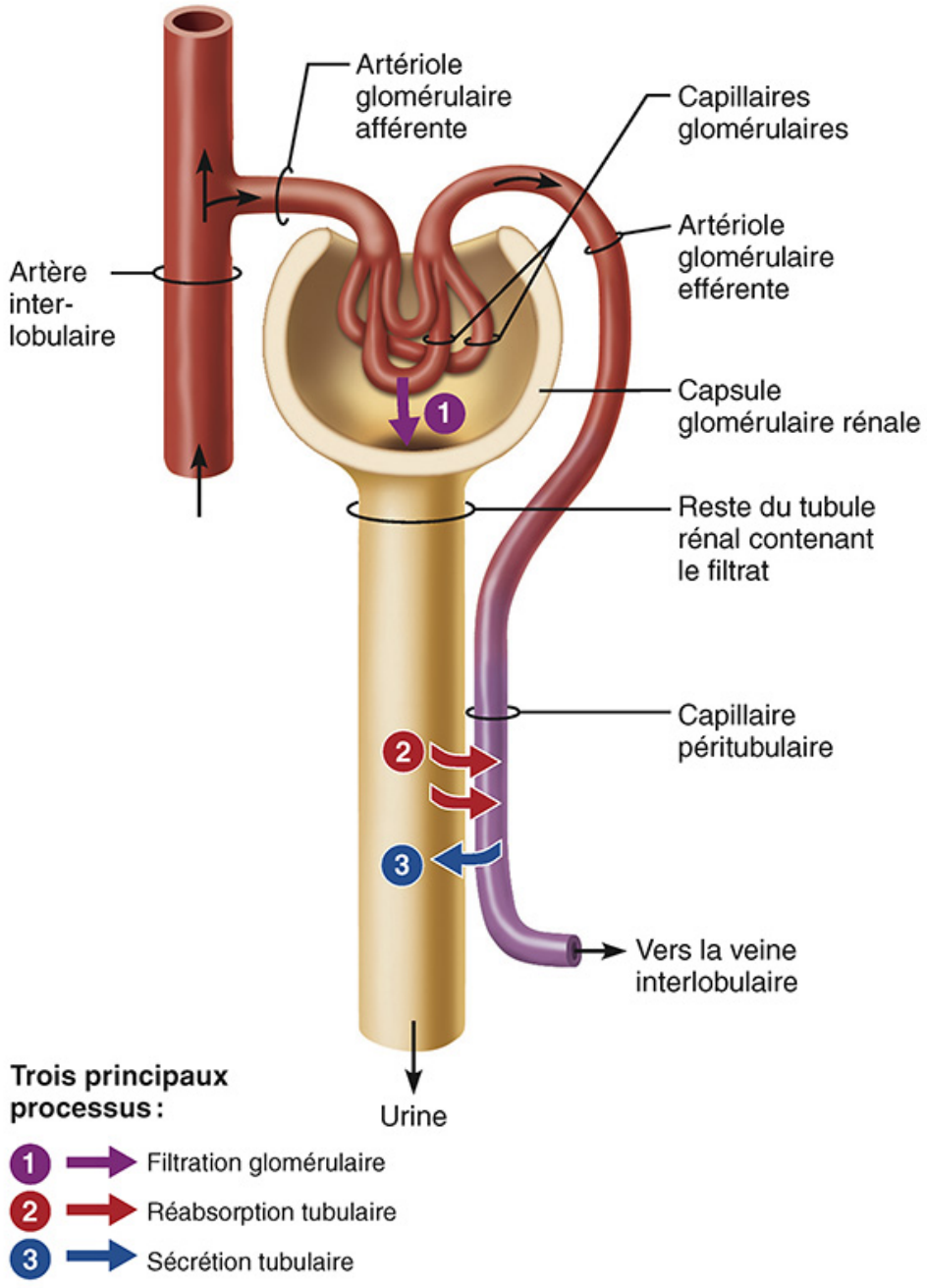


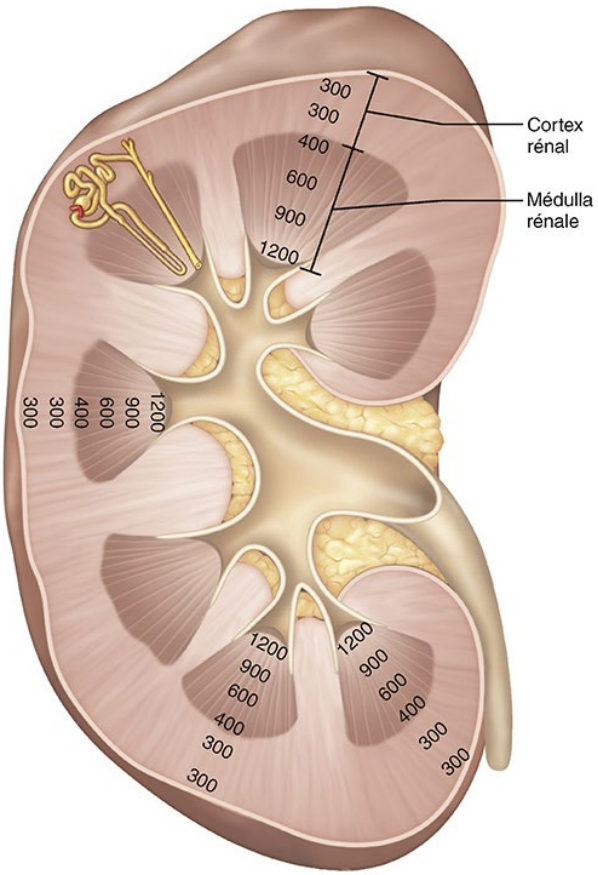
Figure 25.10 Représentation d'un néphron déroulé montrant les trois principaux processus par lesquels les reins ajustent la composition du plasma. Un rein contient en réalité plus de un million de néphrons agissant en parallèle.

Tirée d'Anatomie et Physiologie humaines, ERPI, Marieb, 2014, p. 1126

Made with Goodnotes

La réabsorption de l'eau se fait ultimement dans le tubule collecteur. Il y a des échanges d'eau qui se font un peu partout dans le néphron mais finalement, c'est dans le tubule collecteur que l'urine devient de plus en plus concentrée grâce à la réabsorption de l'eau.

<u>Schéma de la réabsorption de l'eau le long du tubule collecteur :</u>



Tirée d'Anatomie et Physiologie humaines, ERPI, Marieb, 2014, p. 1136

L'eau sera réabsorbée et l'urine sera de plus en plus concentrée **jusqu'à** atteindre 1200mmol/kg (soit environ quatre fois la concentration des tissus du corps) **si la paroi du tubule collecteur est bien perméable.**

Made with Goodnotes

Valeurs normales pour les solutés dans le plasma et dans l'urine		
Soluté	**Plasma**	**Urine**
Ions (mmol/L)		
Sodium (Na^+)	135 à 145	40 à 220
Potassium (K^+)	3,5 à 5,0	25 à 100
Chlorure (Cl^-)	100 à 108	110 à 250
Bicarbonate (HCO_3^-)	20 à 28	≤1,9
Métabolites et nutriments		
Glucose (mmol/L)	3,9 à 6,0	0,005
Lipides (g/L)	4,5 à 10	0,00002
Protéines (g/L)	60 à 80	
Déchets azotés		
Urée (mmol/L)	3 à 65	450 à 700
Créatinine	50 à 110 µmol/L	8 à 18 mmol/24 h
Acide urique	120 à 420 µmol/L	1,5 à 4,5 mmol/L

Tiré de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.517

Caractéristiques générales de l'urine normale	
Caractéristique	**Valeurs normales**
pH	4,5 à 8 (moyenne : 6,0)
Densité relative	1,005 à 1,030
Concentration osmotique (osmolarité)	855 à 1 335 mOsm/L
Contenu en eau	93 % à 97 %
Volume	1 à 2 L/jour
Couleur	Jaune clair à ambrée
Odeur	Varie en fonction de la composition
Contenu en bactéries	Aucun (stérile)

Tiré de La biologie humaine, Martini, ERPI, 2015, p.521

Made with Goodnotes

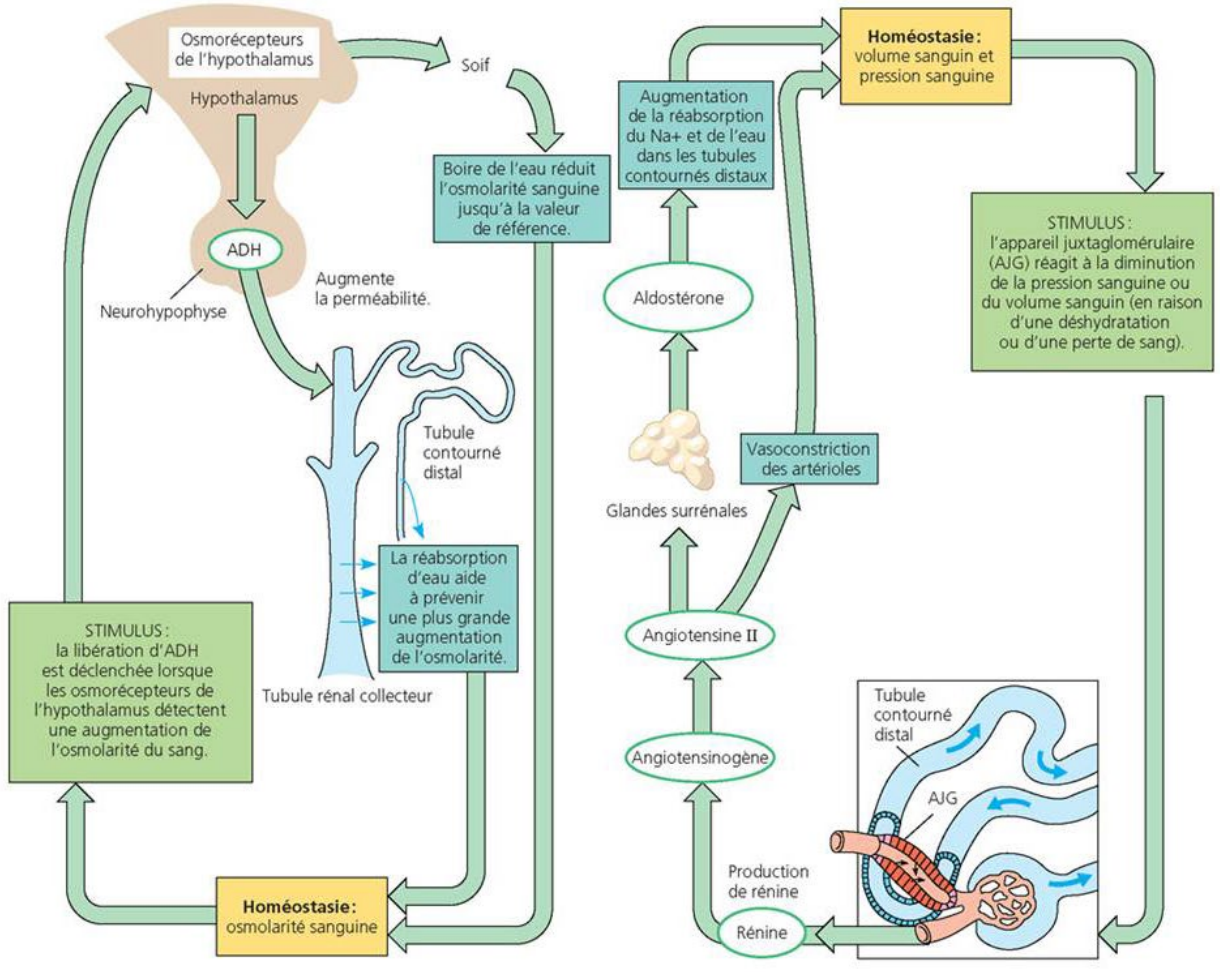
Plusieurs facteurs permettent de réguler les différents mécanismes d'excrétion du rein. Parmi ceux-ci, on retrouve l'hormone antidiurétique.

- **Production de l'hormone antidiurétique (ADH) :** l'ADH est produite par l'hypothalamus et emmagasinée dans la neurohypophyse. Elle est libérée dans le sang lorsque l'osmolalité sanguine dépasse 300 mmol /kg.

- **Effets de l'hormone antidiurétique :** l'ADH dans le sang se rend principalement aux tubules collecteurs où elle augmente la perméabilité à l'eau; ce qui permet de réabsorber plus d'eau.

- **Effets de l'alcool sur l'ADH :** l'alcool inhibe l'ADH ce qui favorise l'élimination de l'eau dans l'urine. Cela augmente la miction et entraîne alors une déshydratation qui peut causer plusieurs symptômes de la «gueule de bois».

Régulation de la production d'urine



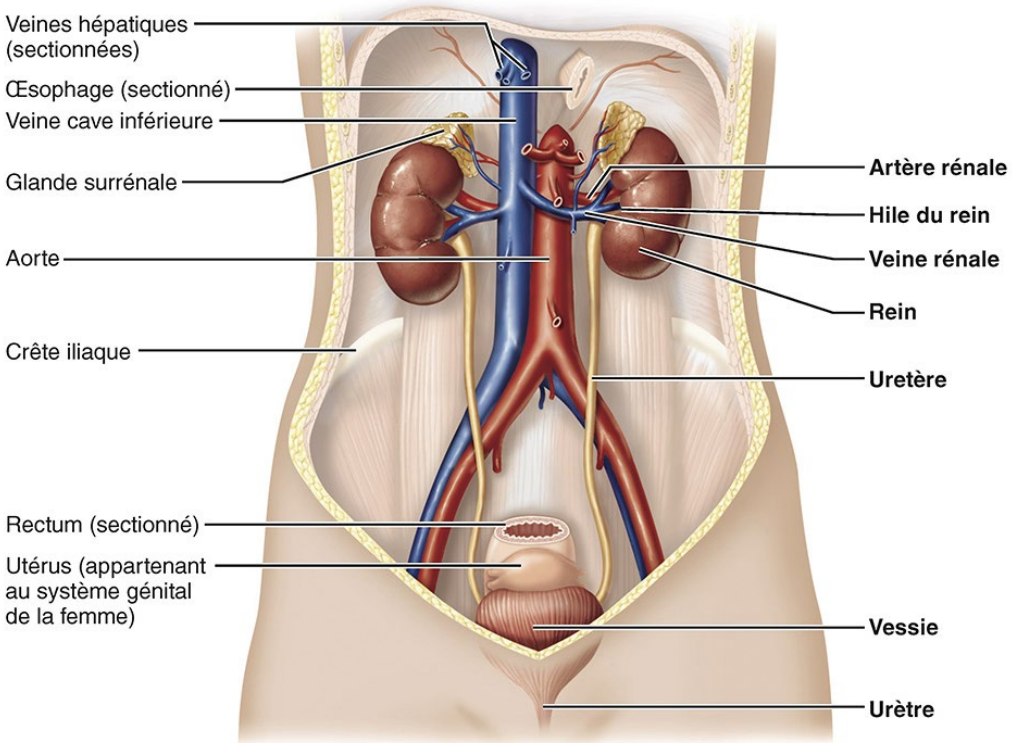
(a) L'hormone antidiurétique (ADH) favorise la conservation des liquides en amenant les reins à récupérer plus d'eau que la normale.

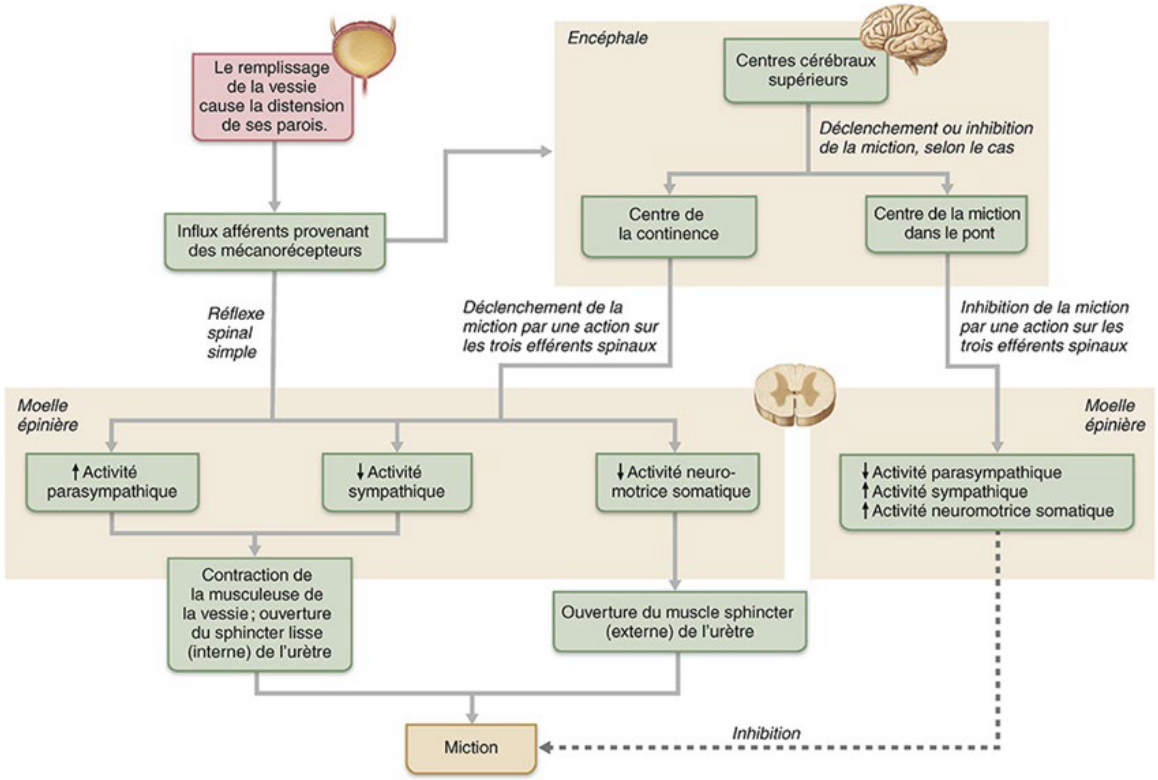
(b) La régulation rénine-angiotensine-aldostérone (RRAA) entraîne une augmentation du volume sanguin et de la pression sanguine.

Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.1019

Made with Goodnotes

Système urinaire de l'humain





Tirées d' «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, , pages 1126 et 1160

Made with Goodnotes

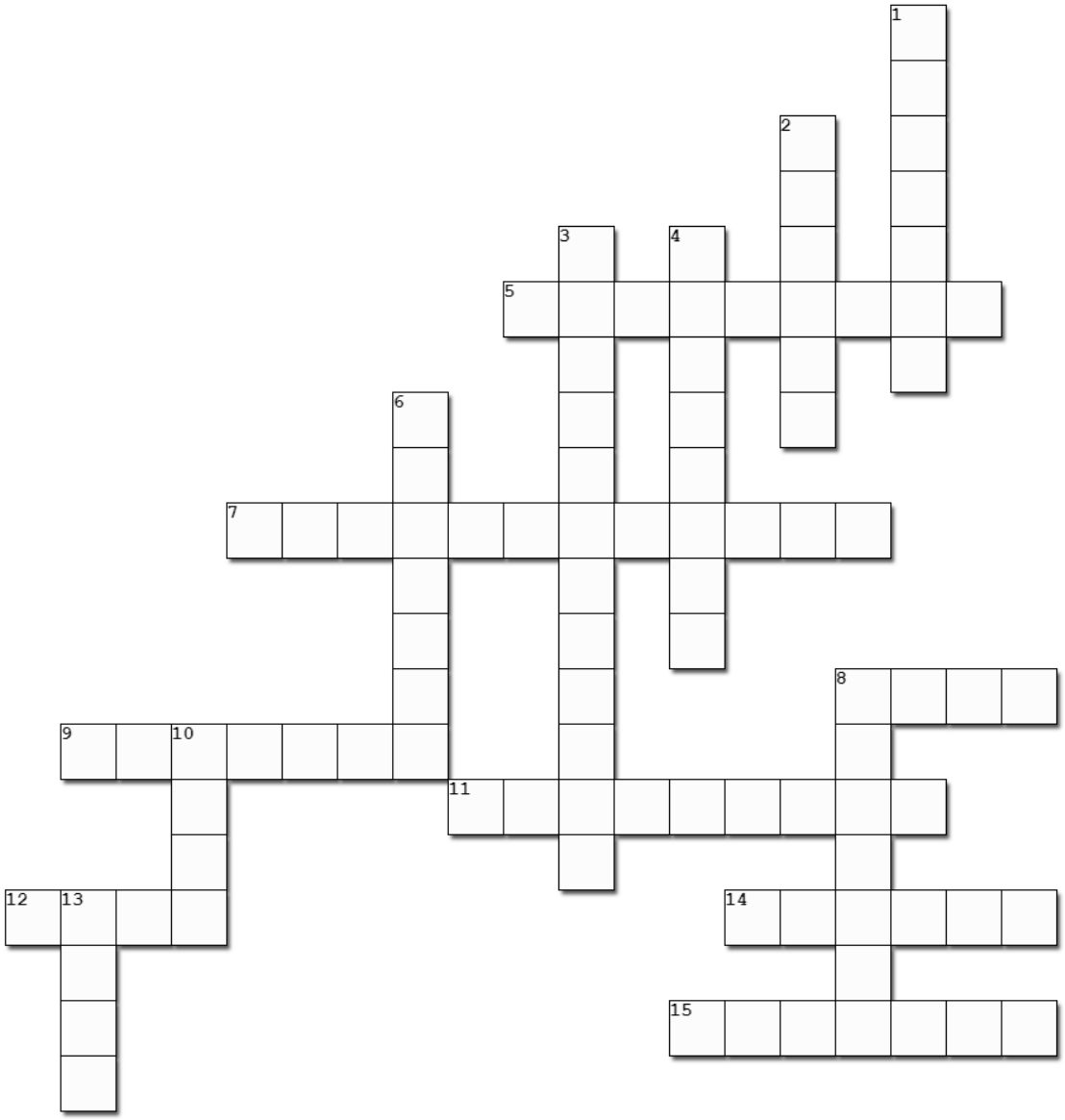
TABLEAU 25.2 Constituants anormaux de l'urine

SUBSTANCE	ÉTAT	CAUSES POSSIBLES
Glucose	Glycosurie	Diabète
Protéines	Protéinurie, albuminurie	Non pathologiques: exercice physique excessif; grossesse; régime alimentaire riche en protéines Pathologiques (plus de 250 mg/24 h): insuffisance cardiaque, hypertension grave; glomérulonéphrite; souvent le signe initial d'une maladie rénale asymptomatique
Corps cétoniques	Cétonurie	Formation excessive et accumulation de corps cétoniques, causées notamment par la privation de nourriture (inanition) et le diabète non traité
Hémoglobine	Hémoglobinurie	Diverses: réaction hémolytique, anémie hémolytique, brûlures graves, syndrome d'écrasement, etc.
Pigments biliaires	Bilirubinurie	Maladie du foie (hépatite, cirrhose) ou obstruction des conduits du foie ou de la vésicule biliaire
Érythrocytes	Hématurie	Saignement des voies urinaires (dû à un traumatisme, à des calculs rénaux, à une infection ou à un néoplasme)
Leucocytes (pus)	Pyurie	Infection des voies urinaires

Tirée d'Anatomie et Physiologie humaines, ERPI, Marieb, 2014, p.1144

Made with Goodnotes

Révision sur le système excréteur :



Horizontal

5. mécanisme qui permet d'augmenter la concentration de déchets dans la future urine.
7. se dit de l'urine en présence d'ADH
8. organe responsable de la production de l'urée
9. pathologie qui peut causer la présence de glucose dans l'urine
11. bouquet de capillaires où se déroule la filtration
12. déchet azoté produit en majorité chez l'humain
14. zone du rein où se retrouvent la majorité des néphrons
15. phénomène observé lorsque l'urine est éliminée du corps

Vertical

1. unité fonctionnelle du rein
2. conduit reliant la vessie à l'extérieur
3. mécanisme qui permet d'éviter de perdre plusieurs molécules utiles vers l'urine
4. molécule organique dont le catabolisme entraine la production d'urée
6. conduit reliant le rein à la vessie
8. liquide obtenu dans la capsule glomérulaire rénale
10. portion du néphron qui peut plonger vers la médulla
13. organe responsable de l'élimination de l'urée

Made with Goodnotes

8. Le système lymphatique et immunitaire

Introduction

Les humains doivent se défendre contre des attaques du monde extérieur (virus, bactéries, parasites, etc.) ainsi que des attaques internes (mutation, cancer, etc.). Pour ce faire, on possède deux systèmes de défense : un système spécifique et un système non spécifique qui travaillent ensemble pour assurer le maintien de l'homéostasie. La prochaine section de la physiologie humaine portera sur les **défenses** de l'organisme.

Cette section pourra vous sembler plus difficile à concevoir puisque la quasi-totalité des constituantes du système de défense sont microscopiques (reposent sur des mécanismes d'actions moléculaires ou cellulaires).

Objectifs spécifiques

1) Comparez les systèmes de défense non spécifiques au système immunitaire.
2) Décrire les principales composantes du système immunitaire humain.
3) Comparez la réponse immunitaire à médiation cellulaire aux réponses humorales.
4) Comparez la réponse immunitaire primaire à la réponse immunitaire secondaire.
5) Comparez la vaccination à l'immunité passive.
6) Expliquez les rôles des immunoglobulines dans la réponse immunitaire.
7) Expliquez pourquoi les maladies spécifiques du système immunitaire sont très difficiles à cerner et à enrayer à l'aide de l'exemple du sida.

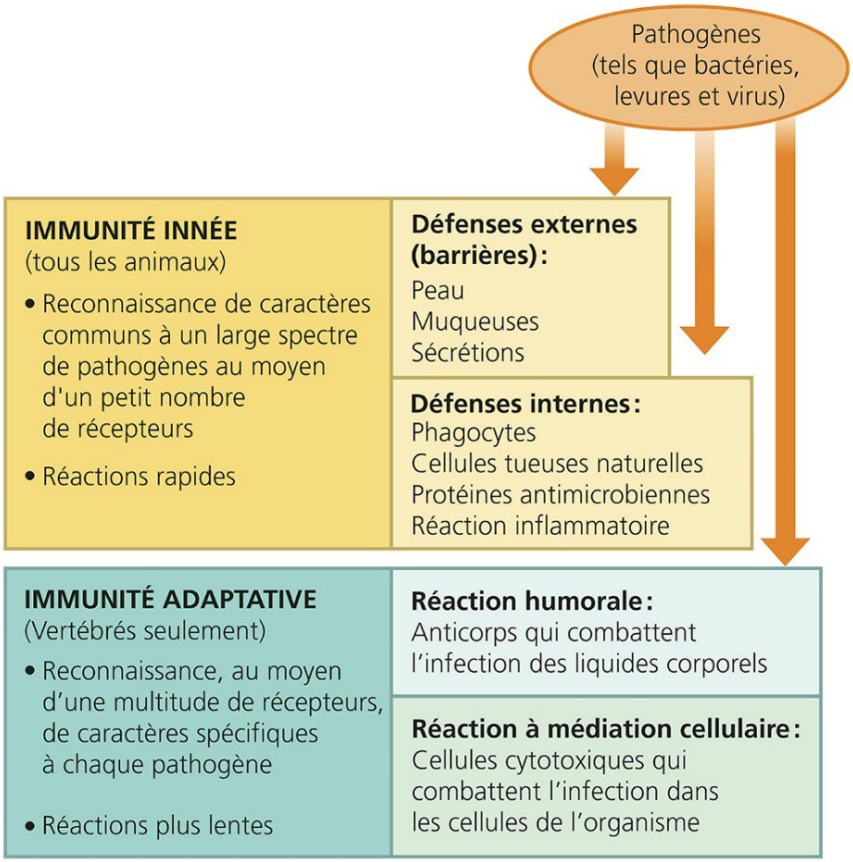
Les humains doivent se défendre contre les attaques des bactéries, virus et parasites qui se trouvent dans l'air, la nourriture et l'eau qu'ils consomment. Ils doivent également se défendre contre des attaques de leurs propres cellules lorsque celles-ci deviennent anormales.

Rappel :
Le **virus** est à la frontière du vivant et du non-vivant ; il est constitué d'un acide nucléique entouré d'une capside de protéines
La **bactérie** est un procaryote. Les diverses bactéries sont généralement sensibles à différents antibiotiques.
Les **parasites** sont très diversifiés, certains champignons, des protistes et de nombreux vers peuvent être des parasites des animaux.

Ex : Le coronavirus est un virus ! Il cause la COVID19
Le trypanosome est un parasite qui cause la maladie du sommeil
Candida albicans est un champignon qui cause des mycoses

Made with Goodnotes

On possède deux systèmes de défenses : l'un spécifique, l'autre non-spécifique.
Le système de défenses non-spécifique est inné. Il est constitué de deux barrières : la ligne externe et la ligne interne. Nous allons étudier les composantes de toutes ces catégories de défenses.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1080

Made with Goodnotes

Système de défense non-spécifique

La ligne de défense externe (première ligne)

La peau (épithélium stratifié kératinisé) et les muqueuses (épithélium stratifié) forment un obstacle physique à la pénétration de l'organisme par les pathogènes.

Environ 100 espèces (et des milliards d'individus) vivent en colonies partout sur notre peau. La biodiversité est maximale dans les zones les plus sèches, comme sur l'avant-bras (en moyenne plus de 40 espèces différentes de bactéries y vivent). Par comparaison on observe moins de biodiversité dans les zones plus humides (par exemple en moyenne une quinzaine d'espèces de bactéries vivent derrière les oreilles).

Outre la peau, les muqueuses des voies nasales, digestives et reproductrices sont également tapissées de micro-organismes. Ces micro-organismes sont au moins aussi nombreux que nos cellules! Leur poids dépasse celui de notre cerveau! Il y a des milliers d'espèces de bactéries, de virus, et d'autres micro-organismes dont on ne sait pas grand-chose… sinon qu'ils sont nos amis!

En effet, nos bactéries amies forment des colonies parfaitement adaptées à leur habitat, qui empêche les colonies étrangères de s'y établir. Une vraie armure contre les Salmonelles, *E. coli* et autres saletés virales que l'on croise tous les jours dans notre environnement.

De plus, la peau et les muqueuses produisent plusieurs sécrétions qui participent à la défense de l'organisme.

Exemples de sécrétions :

- Le mucus des voies respiratoires agglutine les pathogènes.
- Les lysozymes de la salive et des larmes sont bactéricides.
- L'acide chlorhydrique des sucs gastriques abaisse le pH à un niveau bactéricide.
- Le sébum, la sueur et les sécrétions vaginales sont acides ; ce qui est bactériostatique et/ou bactéricide.

Made with Goodnotes

La ligne de défense interne (deuxième ligne) :

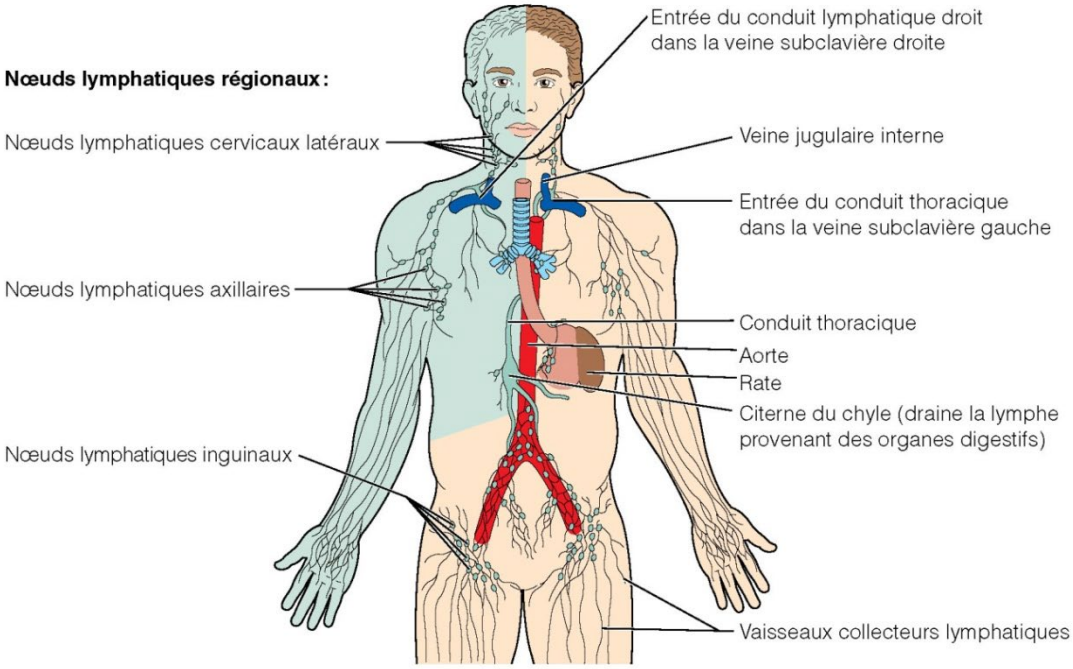
La ligne de défense interne est déclenchée par des médiateurs chimiques et elle emploie des protéines antimicrobiennes, de la fièvre et des phagocytes pour attaquer, sans discrimination tous les pathogènes qui envahissent l'organisme. Dans certains cas, la réaction inflammatoire indique l'activation de cette deuxième ligne.

Nous allons décrire les composantes de cette deuxième ligne de défense.

Les défenses internes se déroulent dans tous les tissus mais le système lymphatique et ses organes annexes sont des endroits « privilégiés » de rencontres.

Les **nœuds lymphatiques** (ou **ganglions lymphatiques**) agissent comme un filtre qui débarrasse la lymphe des pathogènes (virus, bactéries, cellules tumorales, etc.) à l'aide de cellules comme les **lymphocytes** et les **macrophagocytes**.

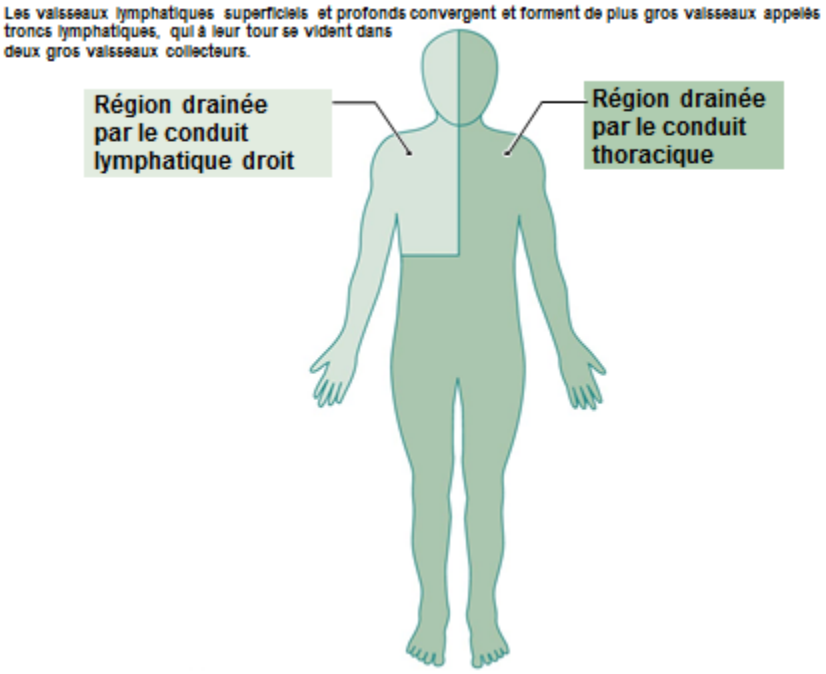
Anatomie du système lymphatique :



Tirée de Biologie humaine, 2008, p. 431

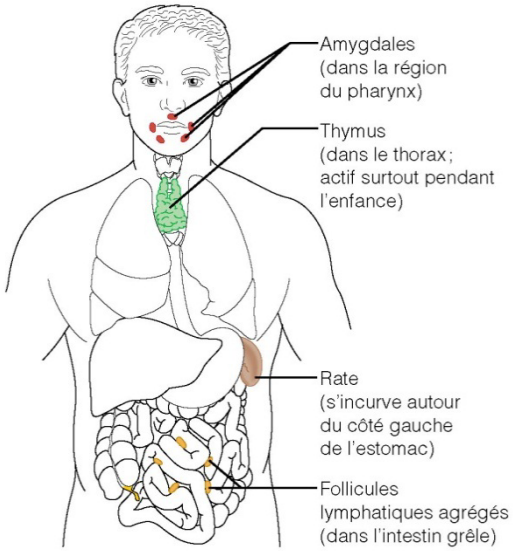
Made with Goodnotes

Drainage lymphatique :



Tirée de La biologie humaine, Martini, 2015, ERPI, p.384

Certains organes sont dits « lymphatiques » puisqu'ils jouent des rôles en association avec ce système.



Tirée de Biologie humaine, 2008, p. 433

Made with Goodnotes

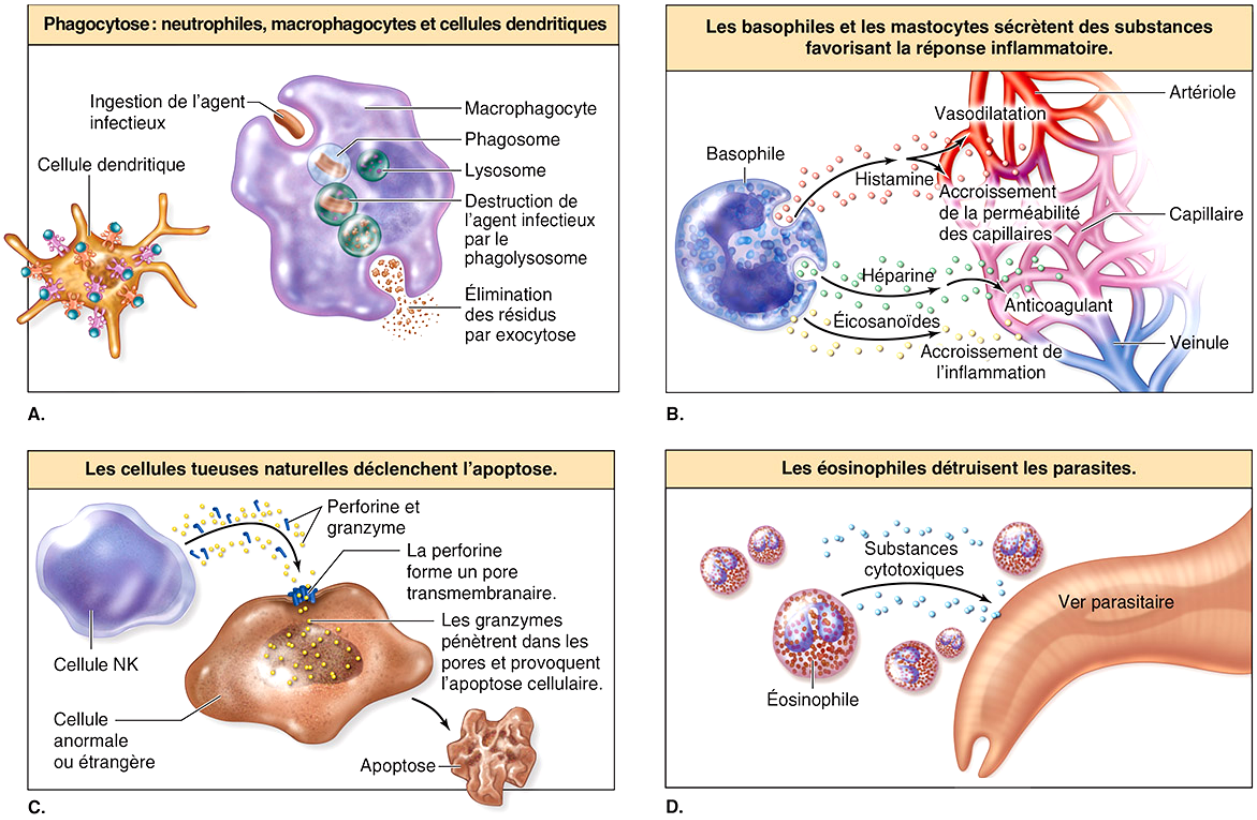
Rôles principaux des organes lymphatiques :

Éléments	Emplacement	Fonctions
Structures primaires		
Moelle osseuse rouge	Espaces de l'os spongieux de certains os	• Formation des éléments figurés du sang, y compris les lymphocytes • Maturation et différenciation des lymphocytes B
Thymus	Médiastin antérieur et supérieur chez l'enfant (sous le sternum, au-dessus du cœur, qui est partiellement recouvert); en résorption après la puberté	• Maturation et différenciation des lymphocytes T
Structures secondaires		
Nœuds lymphatiques	Le long des vaisseaux lymphatiques; regroupés dans les aisselles, l'aine, le cou ainsi que dans les cavités thoracique et abdominale	• Filtration de la lymphe • Déclenchement de la réaction immunitaire en présence d'une substance étrangère dans la lymphe
Rate	Quadrant supérieur gauche de l'abdomen, à proximité des 9e, 10e et 11e côtes; autour d'une partie de l'estomac	• Filtration du sang • Déclenchement de la réaction immunitaire en présence d'une substance étrangère dans le sang • Élimination des érythrocytes et des thrombocytes âgés • Réservoir de thrombocytes
Amygdales	Dans le pharynx (gorge)	• Protection contre des substances inhalées ou avalées
Tissus lymphoïdes associés aux muqueuses (MALT)	Parois du tube digestif, des voies respiratoires, du système génital et des voies urinaires	• Déclenchement de la réaction immunitaire au contact d'une substance étrangère avec une membrane muqueuse
Follicules lymphoïdes diffus	Dans presque tous les organes	

Tiré d'Anatomie et physiologie humaines, McKinley, 2014, p. 984

Made with Goodnotes

Les cellules de l'immunité innée :



Tirée d'Anatomie et Physiologie, Mc Kinley, 2019, p. 1024

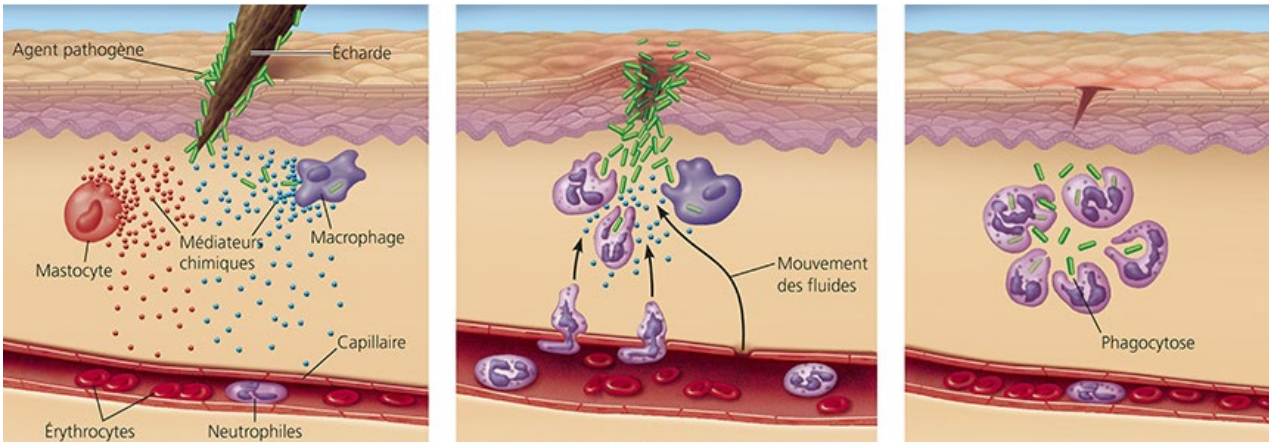
Les cellules tueuses (NK) : Les cellules tueuses sont des **lymphocytes.** Ces lymphocytes parcourent l'organisme via les systèmes cardio-vasculaire et lymphatique pour attaquer les cellules infectées (ex : par un virus) et les cellules cancéreuses.

La **phagocytose** permet la digestion des petits pathogènes comme les virus et/ou les bactéries.

Les **éosinophiles** permettent la destruction de pathogènes de plus grande taille comme les parasites.

Made with Goodnotes

La réaction inflammatoire localisée :



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1084

1. Les mastocytes, les basophiles et les macrophages produisent des médiateurs chimiques comme les histamines, les cytokines et les prostaglandines.

2. Les médiateurs chimiques favorisent la vasodilatation et l'augmentation de la perméabilité membranaire (œdème). Il y a plus de leucocytes et plus d'espace.

3. Les leucocytes phagocytent les pathogènes et les débris cellulaires

La réaction inflammatoire généralisée (systémique) : augmentation drastique et rapide du nombre de globules blancs. Cette réaction est généralement associée à de la fièvre et est causée par une infection majeure.
Ex :

Les protéines antimicrobiennes : On observe les protéines du complément qui favorisent la lyse cellulaire de plusieurs pathogènes. L'interféron agit principalement pour brouiller l'expression des gènes viraux dans les cellules infectées.

La fièvre : cette réaction systémique est causée par les toxines libérées par les pathogènes ou par des pyrogènes libérés par les globules blancs. La fièvre augmente l'efficacité des globules blancs et diminue l'activité de certains pathogènes.

Made with Goodnotes

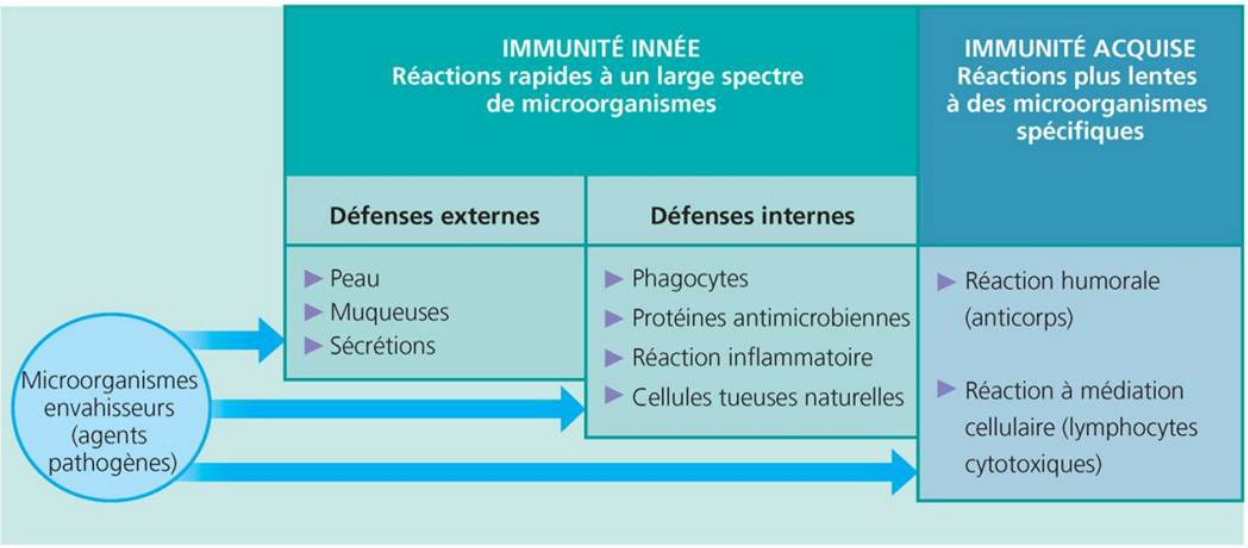
Résumé : **Les défenses innées des humains contre les pathogènes**

CATÉGORIE/ÉLÉMENTS ASSOCIÉS	MÉCANISME DE PROTECTION
Première ligne de défense: barrières superficielles (peau et muqueuses)	
Épiderme de la peau intacte	Forme une barrière mécanique qui empêche l'infiltration d'agents pathogènes et d'autres substances nocives dans l'organisme.
▪ Acidité de la peau	Les sécrétions de la peau (sueur et sébum) rendent la surface de l'épiderme acide, ce qui inhibe la croissance des bactéries; le sébum contient aussi des agents chimiques bactéricides.
▪ Kératine	Assure la résistance contre les acides, les alcalis et les enzymes bactériennes.
Muqueuses intactes	Forment une barrière mécanique qui empêche l'infiltration d'agents pathogènes.
▪ Mucus	Emprisonne les microorganismes dans les voies respiratoires et digestives.
▪ Poils des cavités nasales	Filtrent et emprisonnent les microorganismes dans les cavités nasales.
▪ Cils	Font remonter le mucus chargé de débris vers la cavité nasale et la partie supérieure des voies respiratoires.
▪ Suc gastrique	Contient de l'acide chlorhydrique concentré et des enzymes qui hydrolysent les protéines et détruisent les agents pathogènes dans l'estomac.
▪ Acidité de la muqueuse vaginale	Inhibe la croissance des bactéries et des mycètes dans les voies génitales de la femme.
▪ Sécrétion lacrymale (larmes); salive	Lubrifient et nettoient constamment les yeux (larmes) et la cavité orale (salive); contiennent du lysozyme, enzyme qui détruit les microorganismes.
▪ Urine	Le pH normalement acide inhibe la croissance bactérienne; l'urine nettoie les voies urinaires.
Deuxième ligne de défense: défenses cellulaires et chimiques innées	
Phagocytes	Ingèrent et détruisent les agents pathogènes qui percent les barrières superficielles; les macrophagocytes contribuent aussi à la réaction immunitaire adaptative.
Cellules tueuses naturelles (NK)	Favorisent l'apoptose (suicide cellulaire) en attaquant directement les cellules infectées par des virus ou les cellules cancéreuses; leur action n'exige pas la reconnaissance d'un antigène spécifique; ne contribuent pas à la mémoire immunitaire.
Réaction inflammatoire	Empêche les agents nocifs de se propager aux tissus adjacents, élimine les agents pathogènes et les cellules mortes, et permet la réparation des tissus; les médiateurs chimiques libérés attirent les phagocytes (et autres cellules immunitaires) au siège de la lésion.
Protéines antimicrobiennes	
▪ Interférons (α, β, γ)	Protéines que libèrent les cellules infectées par des virus et certains lymphocytes qui protègent les cellules des tissus non infectés contre l'envahissement par des virus; stimulent le système immunitaire.
▪ Complément	Provoque la lyse des microorganismes, favorise la phagocytose par opsonisation, intensifie la réaction inflammatoire et immunitaire.
▪ Protéine C-réactive	Exerce plusieurs fonctions, notamment le marquage des agents pathogènes et l'activation du complément.
Fièvre	Réaction systémique déclenchée par des substances pyrogènes; la température corporelle élevée inhibe la multiplication microbienne et favorise le processus de réparation de l'organisme.

Tiré d'Anatomie et Physiologie humaines, ERPI, 2005, p.815

Made with Goodnotes

Rappel : L'ensemble des défenses des humains contre les pathogènes

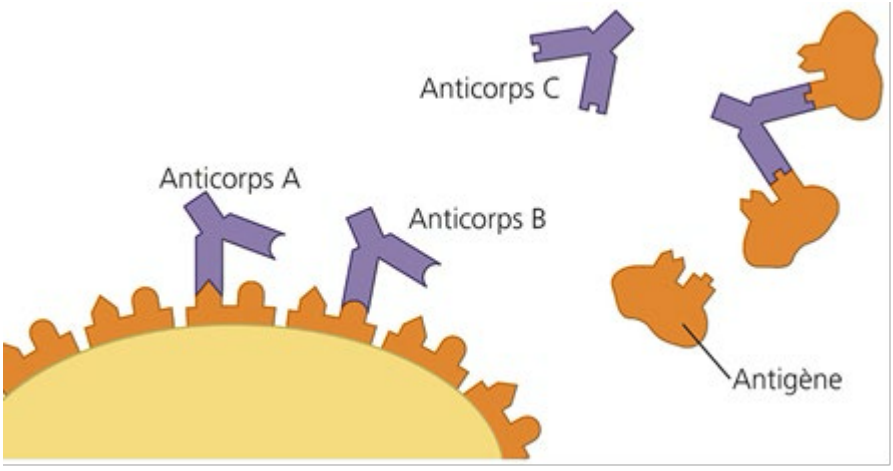


Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2007, p.976

Le système de défense spécifique :

Une **troisième ligne de défense** est formée par le système immunitaire. Le système immunitaire se distingue des autres mécanismes de défense par quatre caractéristiques fondamentales :

- **La spécificité** : le système immunitaire produit des protéines ANTICORPS qui se fixent parfaitement, de façon complémentaire aux ANTIGÈNES produits par les pathogènes.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1086

Made with Goodnotes

- **La diversité** : le système immunitaire comporte des millions de leucocytes différents pour reconnaître les millions de pathogènes différents. Chaque nouvel antigène entraîne la production de nouveaux anticorps par les lymphocytes.

Les IgG assurent la résistance contre un grand nombre de Virus et de bactéries (80 %des anticorps). Seuls les anticorps de cette classe traversent le placenta de la mère au fœtus.

Les IgE provoquent la libération d'histamine lors des réactions allergiques, et accélèrent l'inflammation.

Les IgD sont présentes à la surface des lymphocytes B.

Les IgM sont les premiers anticorps sécrétés après une rencontre avec un antigène. La concentration d'IgM diminue à mesure que s'accélère la production d'IgG.

Les IgA se trouvent surtout dans les sécrétions glandulaires, comme le mucus, les larmes, la salive, le lait maternel et le sperme. Ces anticorps attaquent les agents pathogènes avant qu'ils n'accèdent aux tissus internes.

- **La reconnaissance** : le système immunitaire distingue le soi du non-soi. On doit tolérer les antigènes du soi ; dans la moelle osseuse rouge et dans le thymus, les lymphocytes qui « s'attaquent aux Ag du soi » sont détruits.

Exemples de maladies auto-immunes :

1- rhumatisme articulaire aigu (Ac contre muscle et valves cardiaques)
2- Sclérose en plaque (Ac contre matière blanche du SN)
3- Diabète de type I (Ac contre cellules β des ilots pancréatiques)
4- Maladie de Crown (Ac contre les muqueuses du tube digestif)

- **La mémoire** : le système immunitaire se souvient des antigènes rencontrés et conserve la capacité de reformer des anticorps complémentaires rapidement.

Immunité acquise active : Cette immunité provient d'une réaction du système immunitaire après une infection naturelle (maladie) ou artificielle (vaccin). Elle est efficace **à long terme.**

Immunité acquise passive : Dans ce type d'immunité les anticorps acquis ne sont pas produits par notre système immunitaire. Ils sont transmis naturellement (via grossesse ou allaitement) ou artificiellement (via injection). Elle est efficace **à court/moyen terme.**

Exemple : Injection d'anticorps contre la rage (maladie mortelle causée par un virus rabique) lors de morsure suspecte.

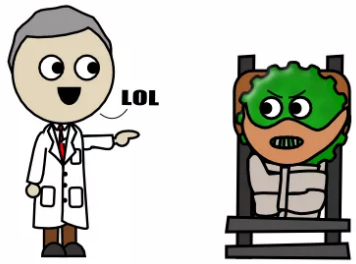
Made with Goodnotes

Types de vaccins :

1. Vaccin vivant atténué

Le microbe est vraiment magané, mais juste assez fort pour que le vaccin soit efficace.

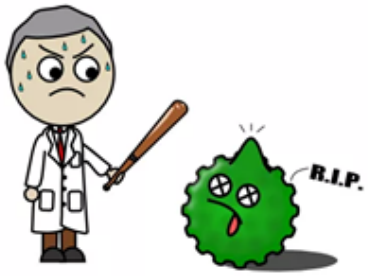
Exemple: vaccin RRO (rougeole-rubéole-oreillons)



2. Vaccin inactivé ("mort")

Le microbe est mort, kaput, parti, fini, pu là.

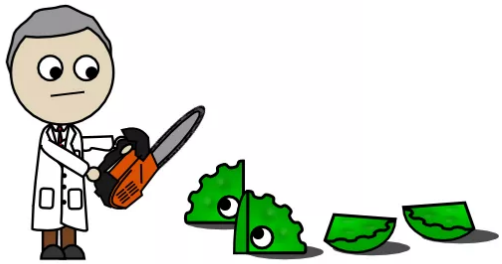
Exemple: vaccin contre la polio



3. Vaccin en sous-unités

Le vaccin est constitué de morceaux du microbe ou de ses toxines.

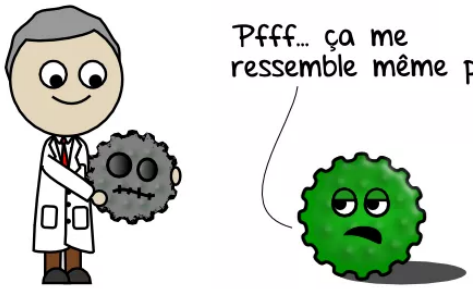
Exemple: vaccins contre diphtérie et tétanos



4. Vaccin conjugué

On utilise un "faux" microbe. C'est comme un vaccin déguisé pour l'Halloween!

Exemple: vaccins contre la méningite

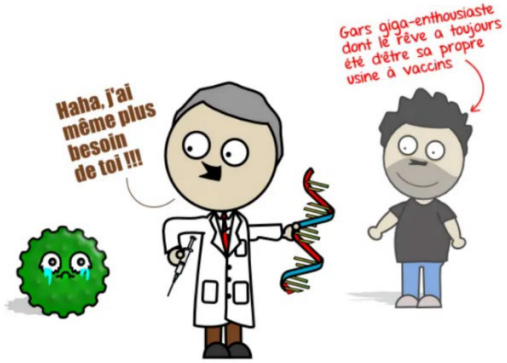


5. Le vaccin à ARN messager

Le vaccin introduit un petit morceau de code génétique (ARN), que nos cellules utiliseront pour produire une protéine du virus.

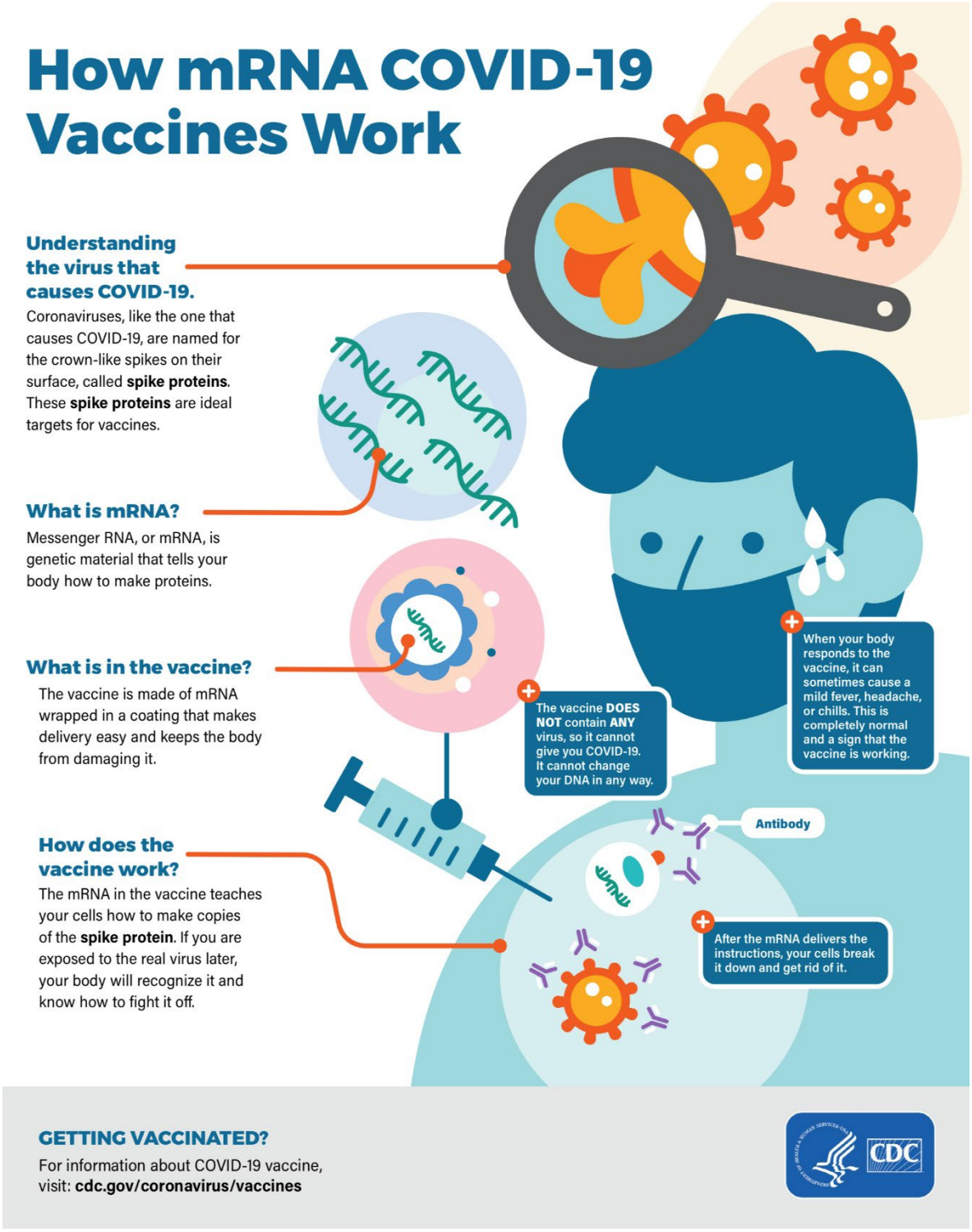
Autrement dit, c'est comme si le corps produisait... son propre vaccin !

ex. certains vaccins contre la COVID-19



Reproduites avec l'autorisation d'Olivier Bernard! Le Pharmachien!

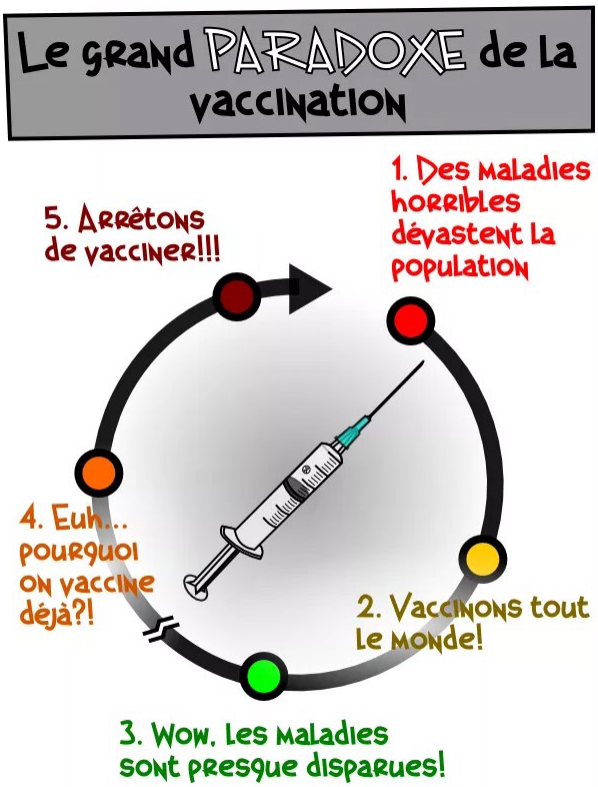
Made with Goodnotes

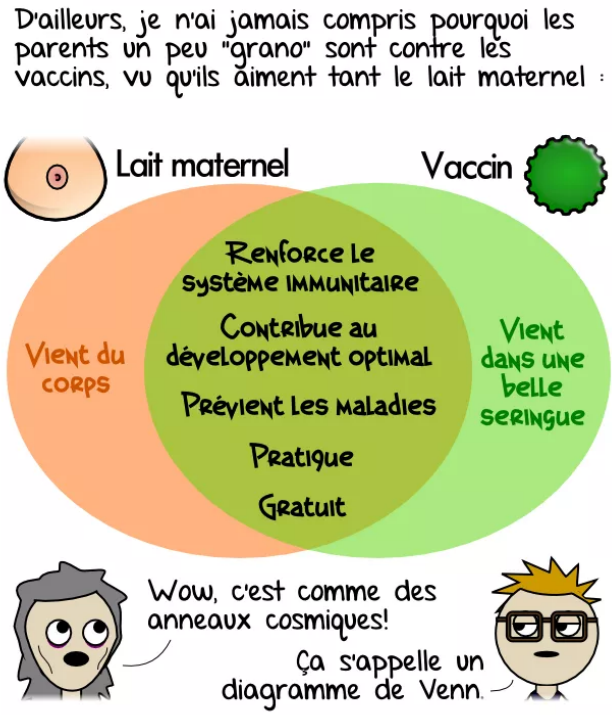


https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/different-vaccines/mrna.html

Source consultée le 29 mai 2023.

Made with Goodnotes

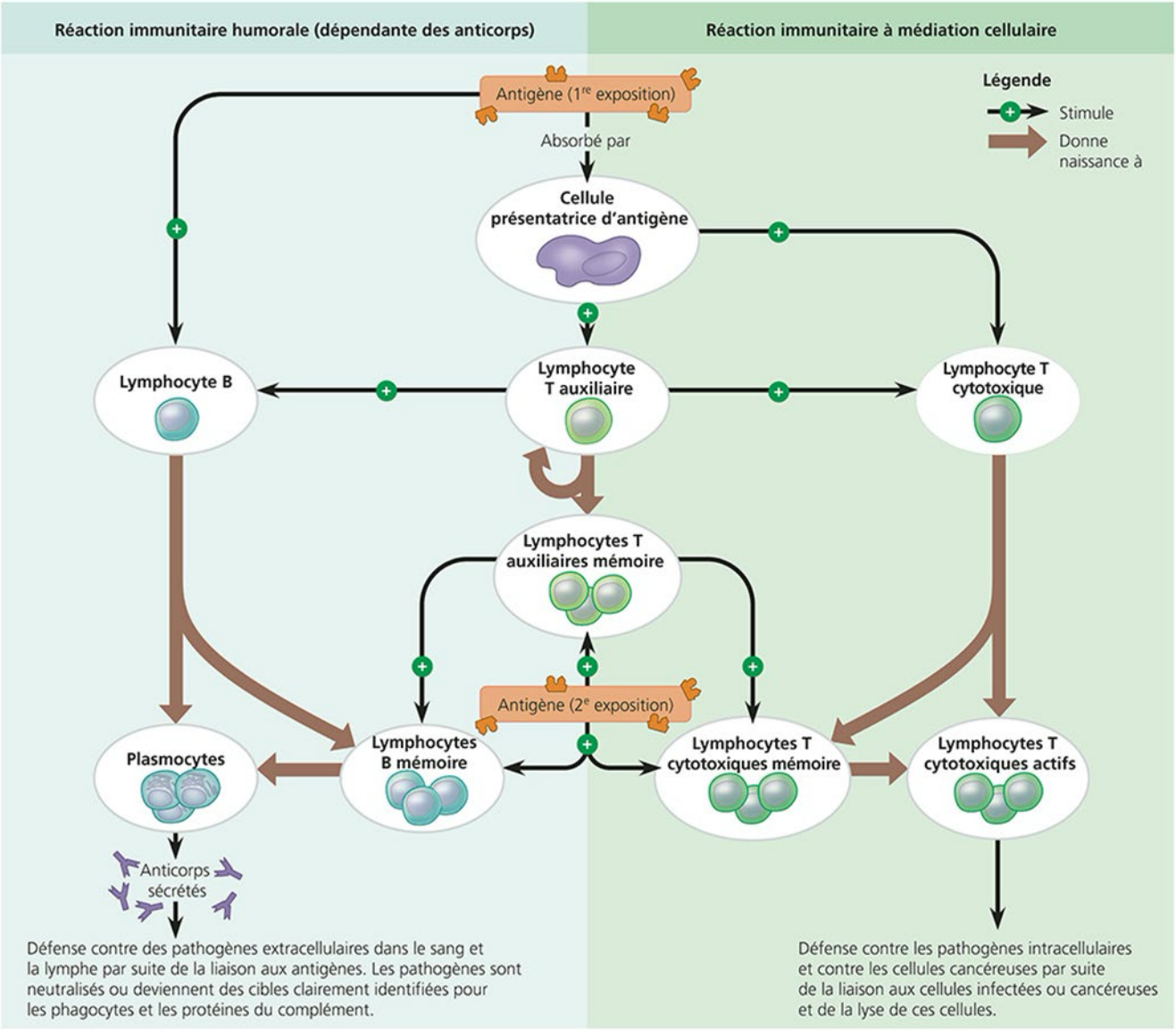




Reproduites avec l'autorisation d'Olivier Bernard! Le Pharmachien!

Made with Goodnotes

Face aux antigènes du non-soi, le système immunitaire produit deux types de réponses : **Une réponse humorale et une réponse à médiation cellulaire.**

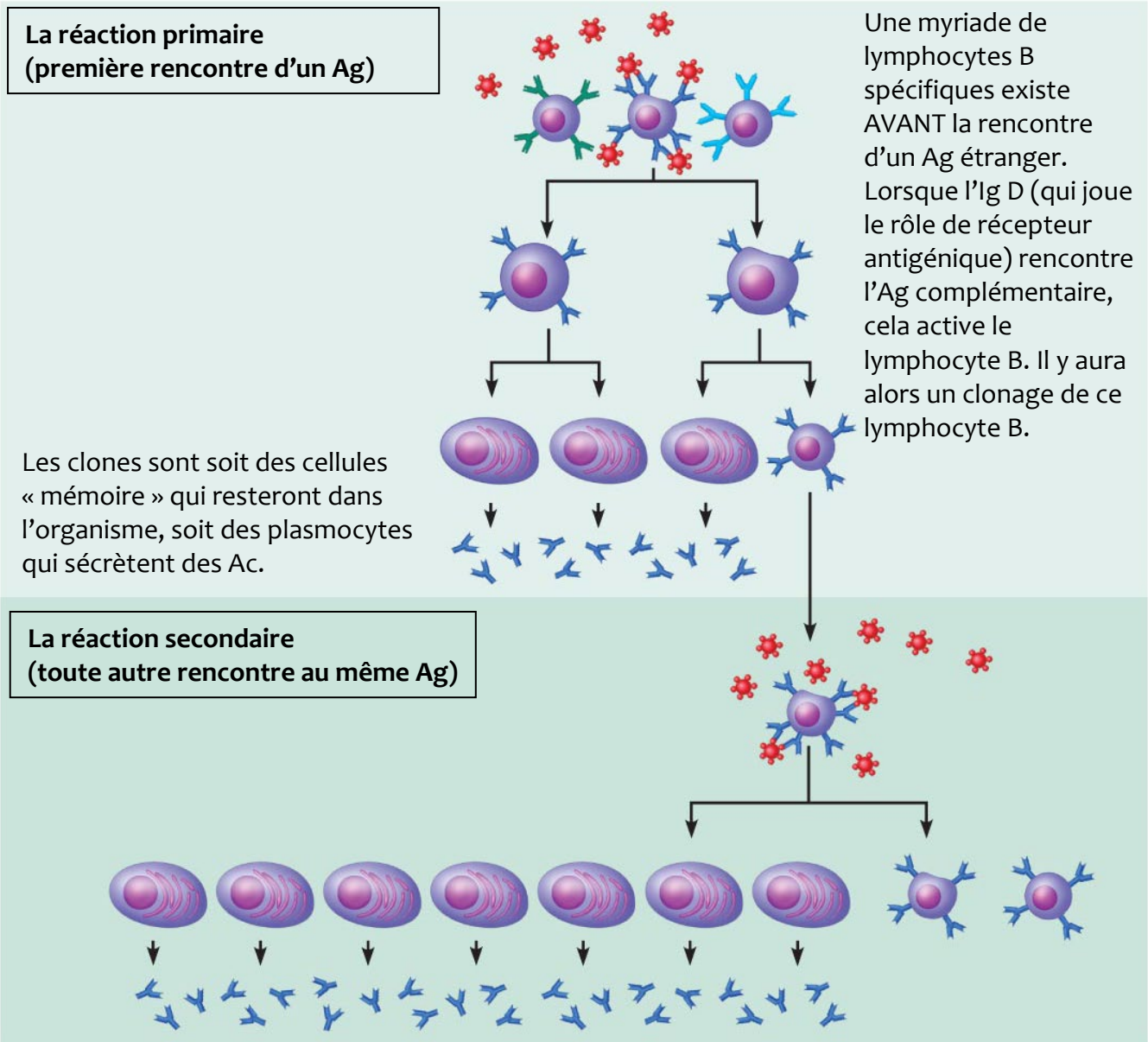


Tirée de «Biologie», Campbell, ERPI, 2012, p.1096

Le système immunitaire se retrouve partout dans notre corps mais plus particulièrement au niveau du système lymphatique.

Made with Goodnotes

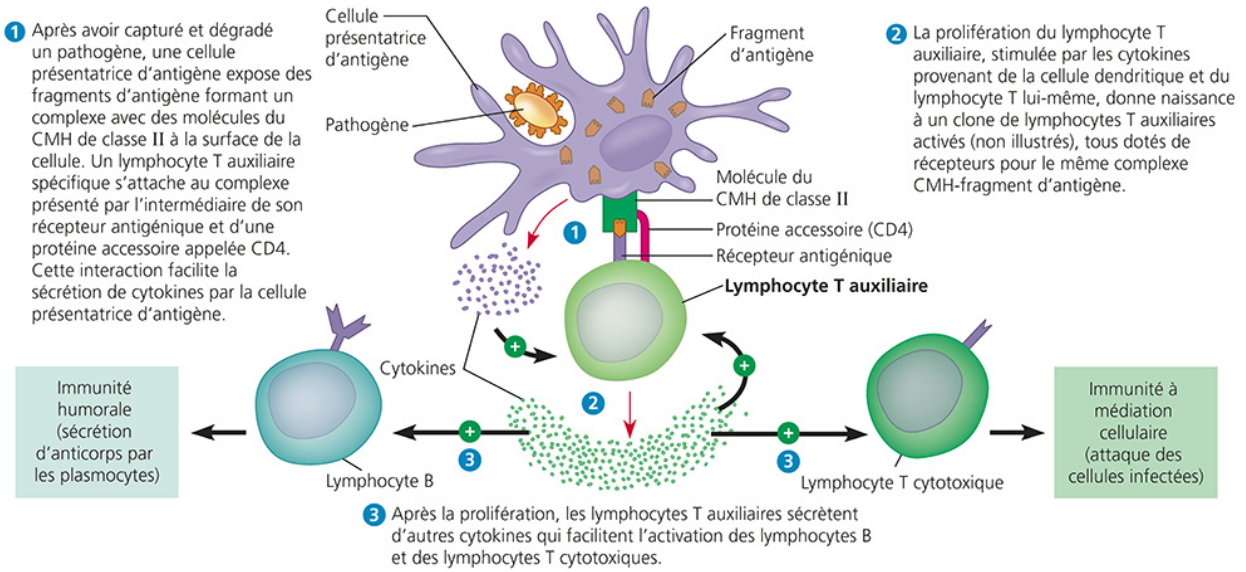
La sélection clonale : Après avoir reconnu un antigène, le lymphocyte B sélectionné se divise pour former des clones.



Tirée d'Anatomie et physiologie humaines, 2015, ERPI

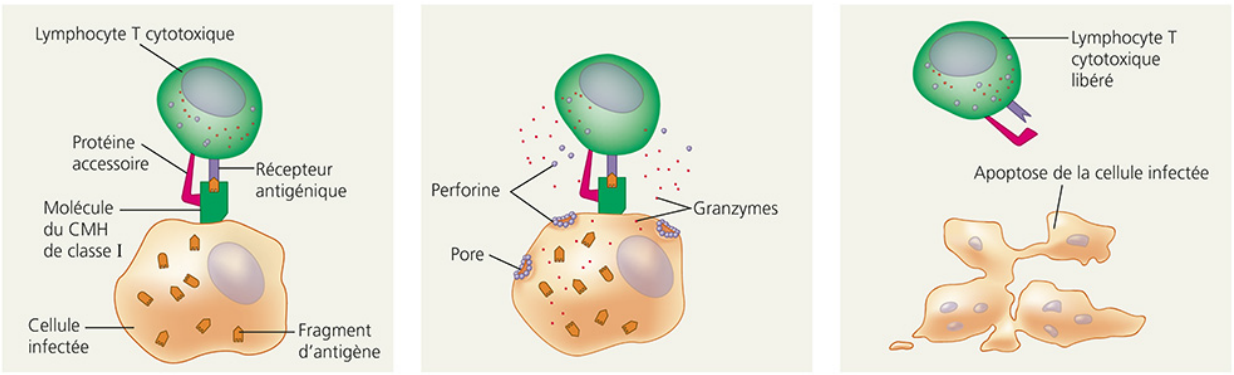
Made with Goodnotes

Les lymphocytes T auxiliaires activent : la réaction humorale et la réaction à médiation cellulaire.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p. 1092

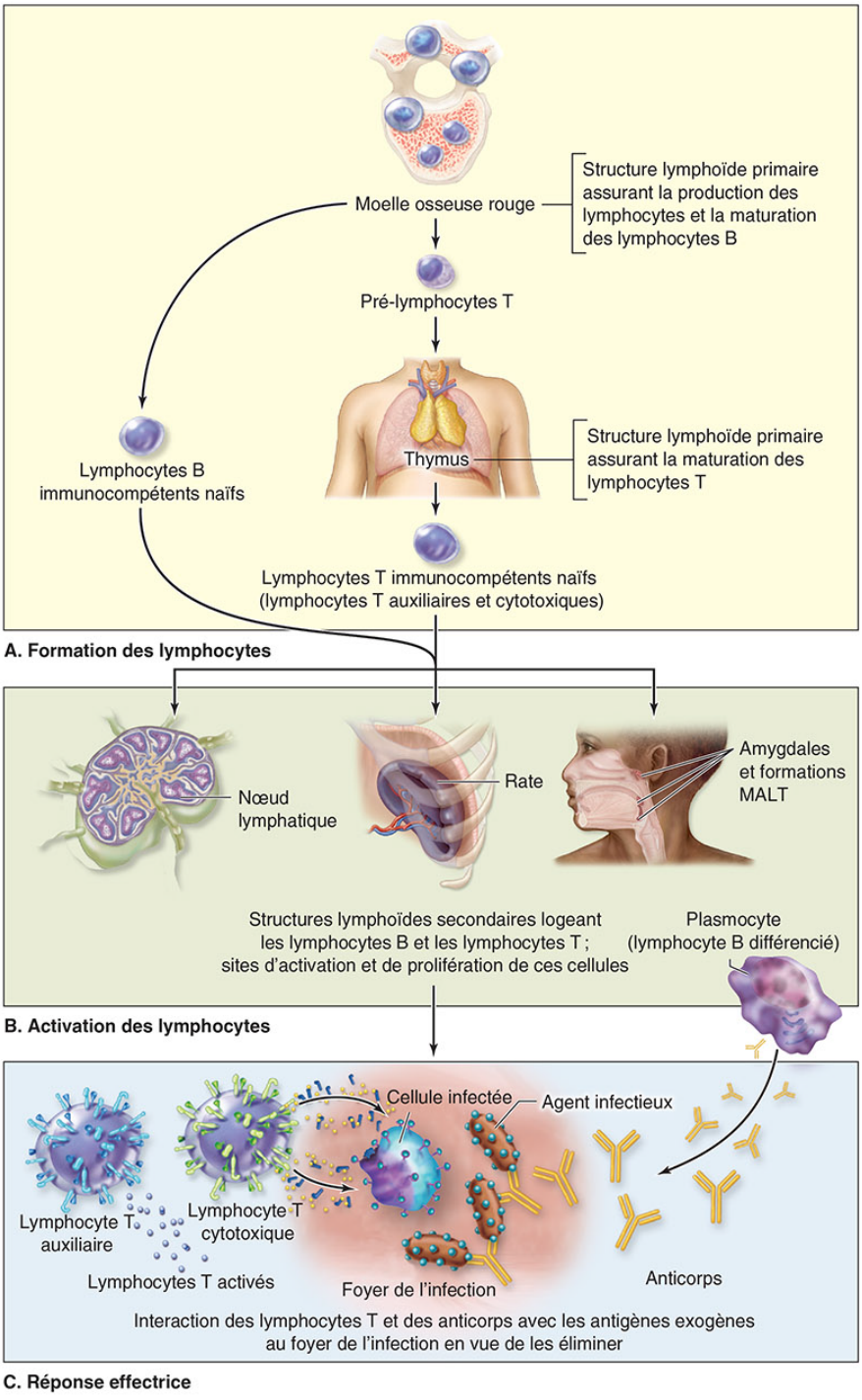
Dans **la réaction à médiation cellulaire,** les lymphocytes T cytotoxiques activés détruisent les cellules infectées.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p. 1093

Made with Goodnotes

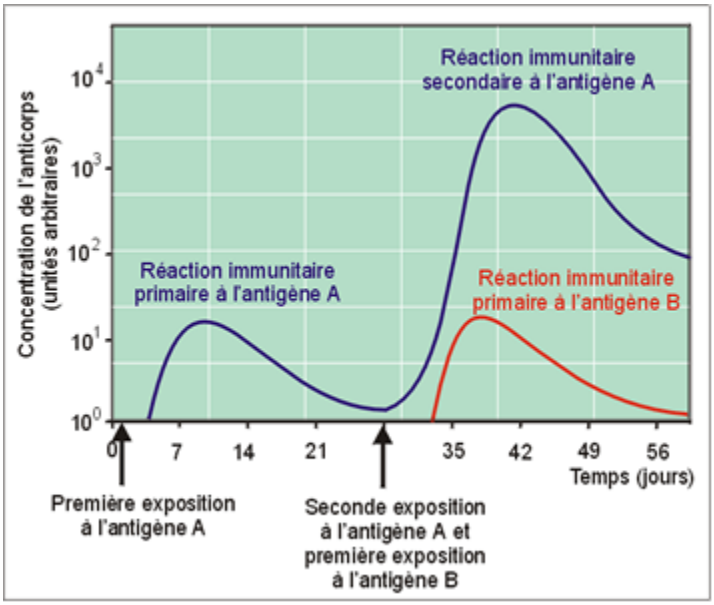
Résumé des éléments clés :



Tirée Anatomie et physiologie de Mc Kinley, 2019, p. 1041

Made with Goodnotes

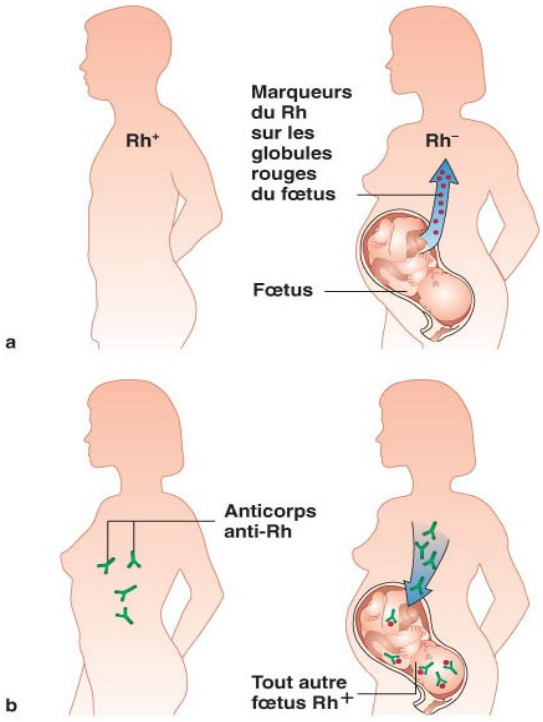
Les cellules à mémoire produites par les deux types de réponses du système immunitaire permettent d'obtenir une réponse beaucoup plus efficace lors d'une seconde infection.



Tirée de «Anatomie et Physiologie Humaines», Marieb, ERPI, 2005, p.834

Grâce aux cellules à mémoire, la seconde infection pourra souvent être éliminée avant même de ressentir les premiers symptômes de la maladie.
Nous allons compléter notre étude du système des défenses de l'animal par l'étude d'exemples concrets :

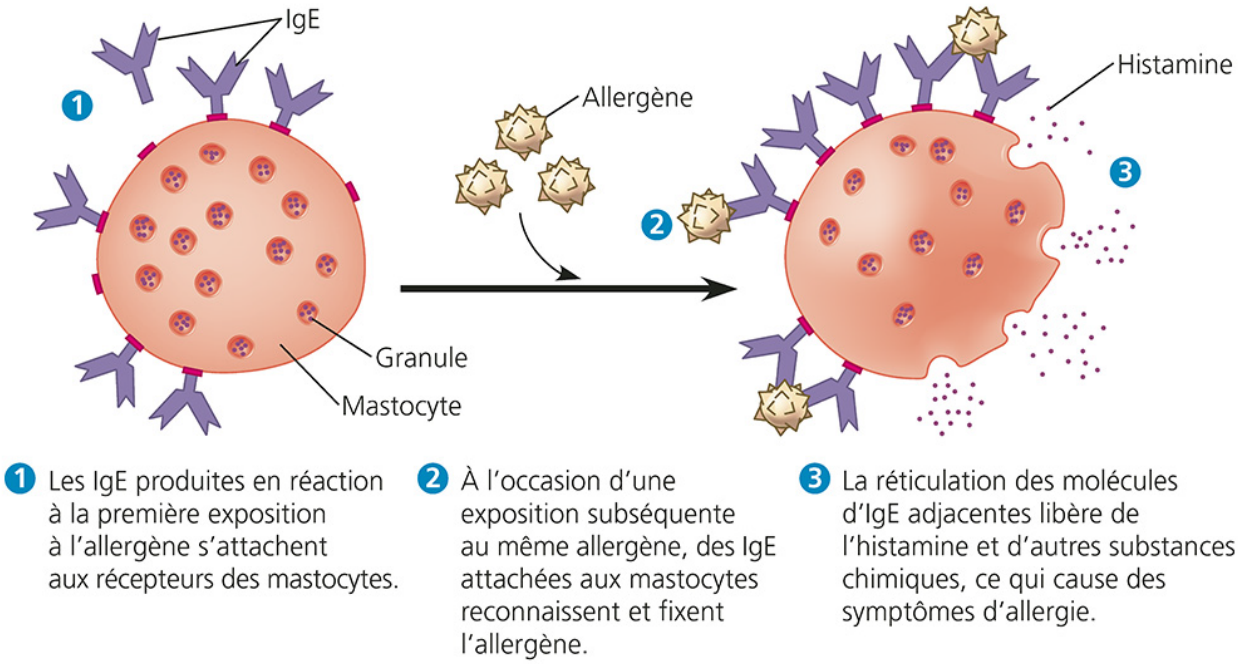
<u>Exemple 1 : La reconnaissance du soi et du non-soi appliquée au cas de l'antigène Rhésus.</u>



Tirée de «Biologie Générale», Starr-Taggart, Modulo, 2006, p.671

Made with Goodnotes

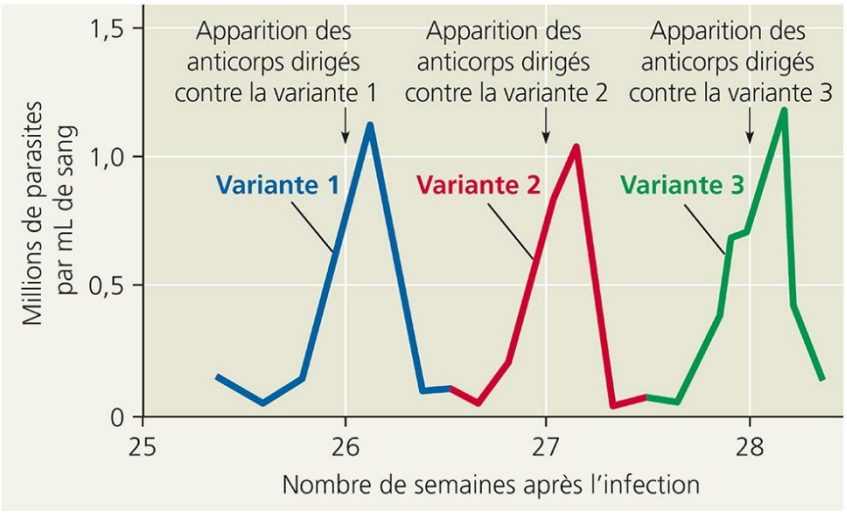
Exemple 2 : troubles du système immunitaire : les allergies.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1099

Exemple 3 : La variation antigénique.

Plusieurs pathogènes utilisent la variation antigénique afin d'échapper au système immunitaire de leur hôte. La variation antigénique consiste à modifier l'expression des épitopes. Cette stratégie est utilisée par le célèbre virus de l'influenza… ce qui explique pourquoi on doit toujours fabriquer de nouveaux vaccins antigrippaux.
Le parasite trypanosome qui cause la maladie du sommeil utilise également cette stratégie afin d'échapper au système immunitaire de l'hôte.



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1100

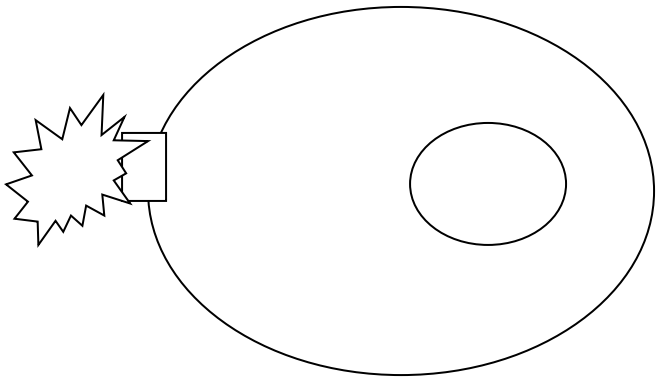
Made with Goodnotes

Exemple 4 : le système immunitaire attaqué… le syndrome d'immunodéficience acquise.

Le rétrovirus VIH a été découvert officiellement en 1983. Depuis, de nombreuses études ont été effectuées afin de caractériser ce rétrovirus, de comprendre son mode de transmission et de tenter de trouver un moyen pour l'éliminer de l'organisme infecté.
Un rétrovirus est un virus dont le matériel génétique est l'ARN ; la transcriptase inverse permet au virus de produire un ADNc stable dans la cellule infectée.

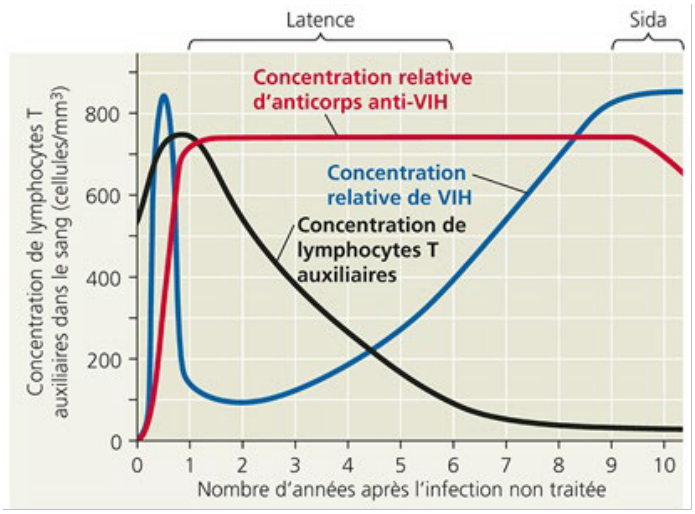
- VIH s'attaque surtout aux lymphocytes T auxiliaires (ces lymphocytes portent des récepteurs dits CD4);
- Le provirus reste ensuite temporairement en phase de latence dans la cellule (séropositif); les médicaments actuels prolongent cette phase.

Schéma de l'infection d'un lymphocyte :



En phase active le patient produit environ 10^{10} (dix milliards) nouveaux virus par jour;

- Ces virus n'ont qu'une demi-vie d'environ 6 heures dans la circulation;
- Un seul sur 1000, en moyenne, parvient à infecter un autre CD4;
- La transmission s'effectue par contact sanguin ou relation sexuelle;
- Le dépistage consiste à détecter la présence d'anticorps produits suite au contact avec le VIH (fenêtre d'environ 2 mois (test Elysa)).



Tirée de Biologie, Campbell, 2012, ERPI, p.1101

Made with Goodnotes

Exemple 5 : La COVID19.

L'épidémie de COVID19 est causée par un coronavirus. Seulement 8 des 5000 types de coronavirus peuvent contaminer l'humain, dont quatre qui n'engendrent pas de risque élevé pour la vie. Le SARS-CoV-2 est le plus grand virus à ARN ayant existé (virus de 0.125um de diamètre qui possède un génome d'ARN de 29 891 nucléotides). Les malades souffrent de fièvre, de toux sèche, de fatigue, de dyspnée et peuvent développer une pneumonie ou une insuffisance rénale.

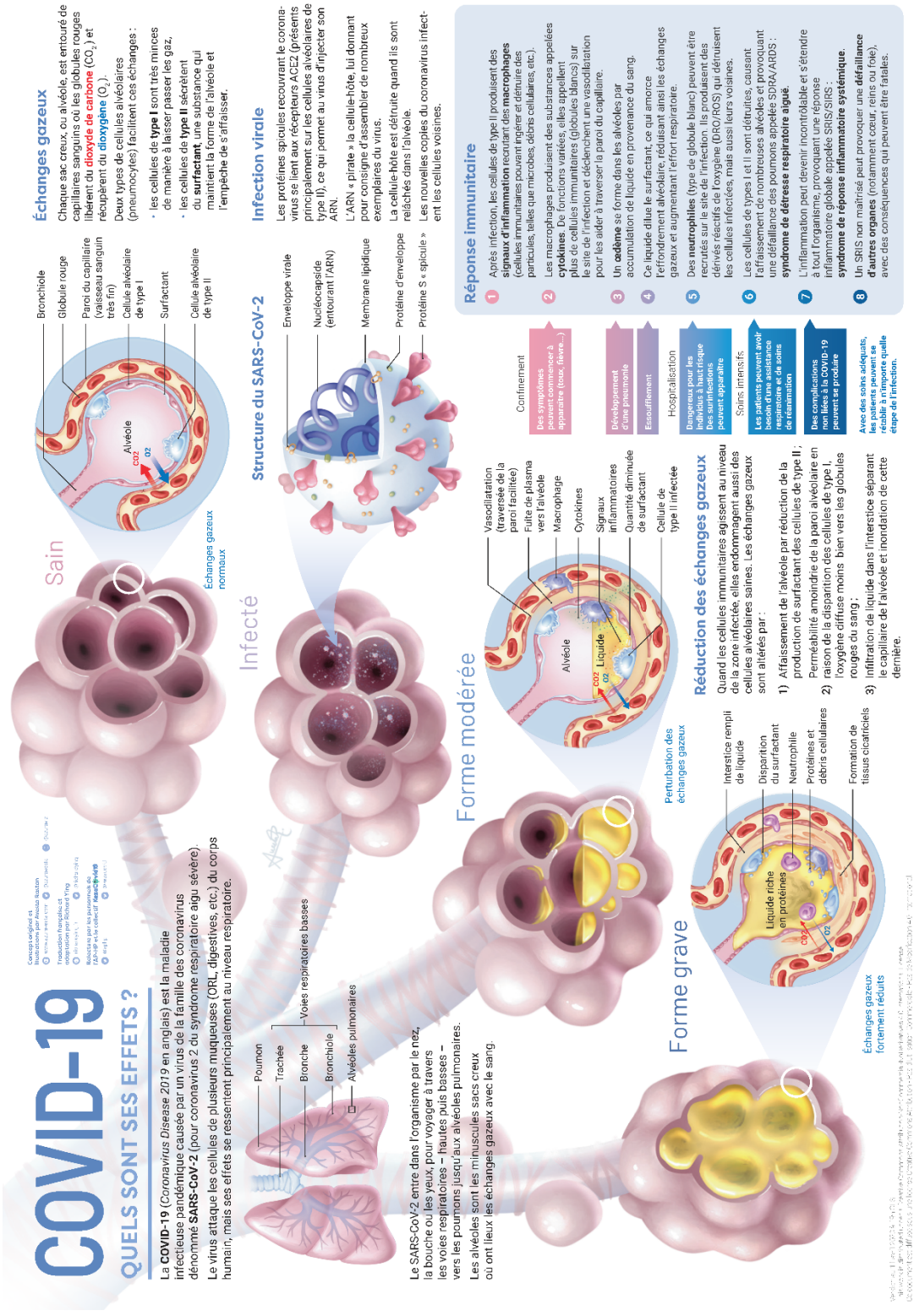
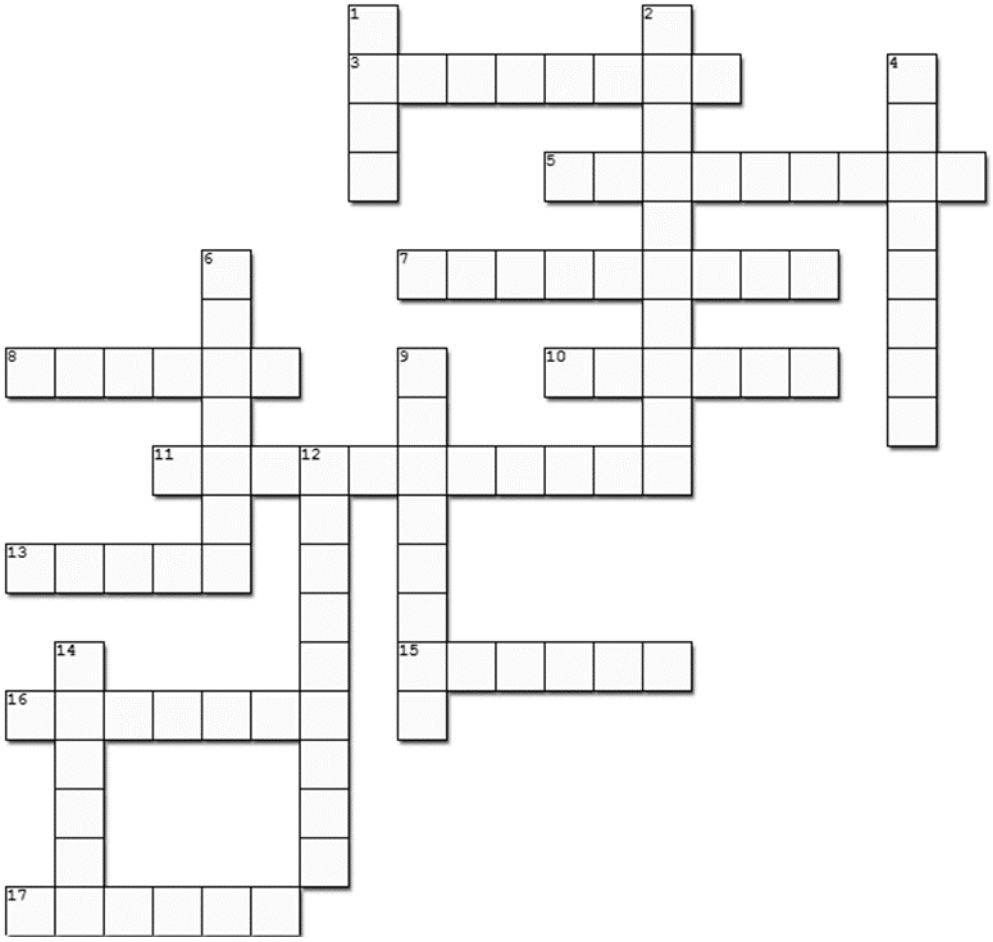


Figure offerte par BioRad pour diffusion.

Made with Goodnotes

Révision sur le système lymphatique et les défenses :



Horizontal

3. amas de tissu lymphoïde au début des voies digestives et respiratoires
5. molécule inflammatoire souvent impliquée dans la réaction allergique
7. protéine produite par les leucocytes
8. outil efficace contre les infections virales
10. lieu de maturation des lymphocytes T
11. leucocyte qui tue les parasites
13. type de moelle osseuse où les leucocytes sont produits
15. liquide qui peut contenir des IgA
16. structure qui permet le cheminement unidirectionnel de la lymphe
17. accumulation anormale de liquide dans un tissu

Vertical

1. organe lymphoïde qui filtre le sang
2. lymphocyte qui sécrète des IgG
4. on le nomme aussi nœud lymphatique
6. site de fixation de l'anticorps
9. terme désignant la mort cellulaire induite
12. virus qui varie régulièrement ses antigènes de surface
14. veine sous-clavière qui reçoit la majorité de la lymphe

Made with Goodnotes